Les produits chimiques toxiques dans les Grands Lacs et leurs effets connexes

RÉSUMÉ

Gouvernement du Canada
Government of Canada

91-04507/

FICHE D'INFORMATION

UNE ÉTUDE RÉALISÉE CONJOINTEMENT PAR DIVERS MINISTÈRES DU GOUVERNEMENT FÉDÉRAL DÉTERMINE LES NIVEAUX ET LES EFFETS DES PRODUITS CHIMIQUES TOXIQUES DANS L'ÉCOSYSTÈME DU BASSIN DES GRANDS LACS

- Le rapport intitulé Les produits chimiques toxiques dans les Grands Lacs et leurs effets connexes est une synthèse complète des connaissances scientifiques sur les niveaux de produits chimiques toxiques se trouvant dans le bassin des Grands Lacs et des effets de ceux-ci sur les êtres humains, les poissons et la faune de cette région. Les ministères fédéraux de l'Environnement, de la Santé et du Bien-être social ainsi que des Pêches et Océans ont rendu ce rapport public aujourd'hui.

- Le rapport constituera l'ouvrage de référence de tous ceux qui désirent en connaître davantage sur les niveaux de produits chimiques toxiques dans le bassin des Grands Lacs et sur leurs effets sur les êtres humains, les poissons et la faune. C'est sur ce rapport que reposeront les mesures prises par le gouvernement fédéral pour la réalisation de son Plan vert et du Plan d'action pour les Grands Lacs.

- Ce rapport s'inscrit dans le cadre de l'engagement qu'a pris le gouvernement du Canada dans le domaine de la recherche et de l'évaluation scientifiques. Il est essentiel que chacun d'entre nous contribue à l'effort de réduire la quantité de contaminant rejeté à l'environnement. Un changement de comportement et d'attitude de la société entière sera nécessaire pour atteindre l'objectif de l'élimination virtuelle de substances toxiques dans l'écosystème des Grands Lacs.

Voici les principales constatations du rapport.

- **Les niveaux de contaminants dans les poissons et les oiseaux aquatiques des Grands Lacs sont considérablement moins élevés que ceux observés au cours des années 1970. Ils sont cependant demeurés sensiblement les mêmes depuis le début des années 1980.**

- **L'eau potable tirée des Grands Lacs et traitée par les municipalités contient d'infimes quantités de contaminants, lesquelles dépassent rarement les niveaux en vigueur pour la qualité de l'eau potable au Canada.**

.../2

- Certaines espèces de poissons ont des niveaux de contaminants toxiques qui dépassent les niveaux recommandés par Santé et Bien-être social Canada. On interdit ou contrôle la pêche commerciale de ces espèces. Quant à la pêche sportive, elle est régie par des avis provinciaux relatifs à la consommation de poisson gibier.

- Des études menées sur la faune du bassin des Grands Lacs révèlent que les produits chimiques toxiques ont des effets sur la croissance et la reproduction de diverses espèces d'animaux, y compris des oiseaux, des reptiles, des poissons et des mammifères.

- Au cours de la dernière décennie, on a constaté des reprises significatives de la reproduction et des augmentations de la population chez la plupart des espèces d'oiseaux touchées. Les problèmes graves sont maintenant confinés à un petit nombre de régions qui sont hautement contaminées.

- Les données disponibles sur les résidus dans les tissus humains révèlent que la population du bassin des Grands Lacs n'est pas exposée à des niveaux plus élevés des polluants les plus persistants que les habitants du reste de l'Amérique du Nord. Toutefois, les personnes qui consomment de grandes quantités de poissons et d'animaux contaminés, particulièrement les autochtones et les pêcheurs sportifs, sont davantage exposées à plusieurs de ces polluants.

- Des niveaux élevés de contaminants dans le bassin des Grands Lacs menacent effectivement la santé, bien qu'on ignore la nature et la portée précise de cette menace. Les habitants du bassin qui consomment de grandes quantités de poissons et d'animaux contaminés devraient réduire leur consommation conformément aux avis en vigueur.

- Les nourrissons dont la mère consomme de grandes quantités de poissons et d'animaux contaminés peuvent être exposés à des quantités de contaminants plus grandes que la normale, lesquels sont contenus dans le lait de leur mère. Toutefois, les avantages que présente l'allaitement sont bien supérieurs aux inconvénients.

Pour commander des exemplaires supplémentaires :

Environnement Canada
Bureau de l'environnement des Grands Lacs
25, avenue, St. Clair est
Sixième étage
Toronto (Ontario)
M4T 1M2

Santé et Bien-être social Canada
Centre de distribution des publications
19 étage
Immeuble Jeanne Mance
Parc Tunney
Ottawa (Ontario)
K1A 0K9

Pêches et Océans Canada
Direction générale des communications
Institut Bayfield
867 Lakeshore Road
B.P. 5050
Burlington (Ontario)
L7R 4A6

Canada

Les produits chimiques toxiques dans les Grands Lacs et leurs effets connexes

RÉSUMÉ

Mars 1991

Environnement Canada

Ministère des Pêches et des Océans

Santé et Bien-être social Canada

Le présent rapport est imprimé sur du papier recyclé contenant des fibres récupérées. L'encre utilisée est à base d'huile végétale, ce qui réduit le contenu en solvants toxiques. La couverture a été enduite de vernis afin de la protéger.

Available in English upon request.

© Ministre des Approvisionnements et Services, Canada, 1991
N° de cat. En 37-94/1990F
ISBN 0-662-96479-9

Table des matières

Résumé des principales constatations vii

Préambule / 1

1. Introduction 3

Un survol historique / 4
La nature du problème / 6

2. Les contaminants dans l'eau et les sédiments 8

L'eau / 8
Les sédiments / 9

3. Les contaminants toxiques : niveaux et effets dans le réseau trophique des Grands Lacs 11

Les résidus de contaminants / 12
Un inventaire des effets / 21

4. Le cas de quelques espèces des Grands Lacs 27

Le Cormoran à aigrettes / 27
Le Pygargue à tête blanche / 27
Le Goéland argenté / 29
La Sterne pierregarin / 29
Le vison / 30
La chélydre serpentine / 30
Le touladi / 31

5. L'exposition et les niveaux de contamination chez les êtres humains 32

L'exposition / 32
Les données sur les tissus humains / 35

6. Les effets des produits chimiques toxiques sur la santé humaine 37

L'évaluation des données relatives à la santé humaine / 37
Les études sur la population globale / 38
Les études des populations choisies / 39
Les répercussions possibles de certains polluants / 40

7. Synthèse 41

Annexe : Polluants critiques 43

Composition du Comité de direction et du Groupe de travail / 47

Remerciements / 47

Lectures suggérées / 49

Glossaire / 51

Liste des tableaux

Tableau 1 Population et utilisation des terres dans le bassin des Grands Lacs 3

Tableau 2 Apports chimiques aux Grands Lacs et pourcentage attribuable aux dépôts atmosphériques 6

Tableau 3 Particularités hydrologiques des Grands Lacs et des voies interlacustres 7

Tableau 4 Substances toxiques persistantes dans les Grands Lacs 9

Tableau 5 Concentrations de contaminants organochlorés dans les œufs du Goéland argenté des colonies des Grands Lacs, 1989 16

Tableau 6 Critères de consommation du poisson 21

Tableau 7 Espèces de poissons et d'animaux affectées par les contaminants des Grands Lacs 23

Tableau 8 Concentrations d'organochlorés dans les œufs provenant des nids de Pygargues à tête blanche du bassin des Grands Lacs, 1986–1988 28

Liste des figures

Figure 1 Bassin des Grands Lacs 2

Figure 2 Réseau trophique des Grands Lacs 10

Figure 3 Bioamplification des BPC et du mercure dans le réseau trophique du lac Ontario, 1982 11

Figure 4 Concentrations de contaminants dans le touladi des Grands Lacs, 1977–1988 13

Figure 5 Concentrations de dioxine dans le touladi du lac Ontario, 1977–1988 14

Figure 6 Concentrations de dioxine dans les œufs de Goélands argentés 14

Figure 7 Concentrations de mirex dans les poissons du lac Ontario, 1977–1988 14

Figure 8 Résidus de BPC et de DDT dans les queues à tache noire prélevées à divers endroits dans le lac Ontario, 1975–1987 15

Figure 9 Tendances des concentrations de DDE dans les œufs du Goéland argenté des Grands Lacs 18

Figure 10 Concentrations moyennes de BPC dans le saumon coho du lac Ontario, prélevé dans la rivière Credit, 1972–1988 19

Figure 11 Concentrations moyennes de mercure dans le doré prélevé dans le lac Sainte-Claire, 1970–1989 19

Figure 12 Concentrations de BPC dans les poissons gibiers de diverses longueurs prélevés dans les Grands Lacs 20

Figure 13 Malformations congénitales signalées dans la progéniture des oiseaux piscivores des Grands Lacs, 1971–1985 22

Figure 14 Pourcentage de tumeurs du foie dans les poissons prélevés à divers endroits dans les Grands Lacs 25

Figure 15 Ingestion et excrétion de contaminants par le corps humain 32

Résumé des principales constatations

La fabrication croissante et l'utilisation généralisée des métaux et des produits chimiques de synthèse depuis les années 1940 ont contaminé l'environnement. Certes, on connaît depuis longtemps la présence de produits chimiques toxiques persistants dans les Grands Lacs, mais ce n'est que récemment qu'on a commencé à s'inquiéter des effets éventuels de ces produits sur la santé de l'être humain.

Le présent rapport résume l'état des connaissances au sujet des niveaux et des effets des produits chimiques toxiques observés dans l'eau, les sédiments, les poissons et la faune du bassin des Grands Lacs ainsi que dans les êtres humains qui y habitent. En voici les principales constatations (on en trouvera un compte rendu complet dans les deux volumes techniques du rapport):

1. Les concentrations de produits chimiques toxiques dans les eaux libres des Grands Lacs (qui s'expriment en quelques parties par billion) satisfont aux objectifs de l'accord canado-américain relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs. Ces objectifs, qui visent à protéger l'utilisateur le plus sensible (c'est-à-dire le biote aquatique), respectent en tous points les normes canadiennes et internationales sur l'eau potable. Dans les régions du littoral telles que les ports, les voies interlacustres et les baies, il arrive que les concentrations soient supérieures aux objectifs de l'Accord.

2. L'analyse des sédiments de fond révèle que les apports de produits chimiques organiques synthétiques et de métaux lourds dans les lacs ont atteint un sommet au cours des années 1960 et 1970, pour connaître ensuite un déclin durant les années 1980. Les baisses enregistrées témoignent d'une réglementation plus rigoureuse de l'utilisation des pesticides organochlorés, des BPC et du mercure au début des années 1970.

3. Les niveaux de contaminants dans les poissons et les oiseaux aquatiques des Grands Lacs sont considérablement moindres que les niveaux observés au cours des années 1970. Depuis le début des années 1980, les niveaux de contaminants dans la faune sont cependant demeurés essentiellement les mêmes. Les niveaux dans le poisson ont, quant à eux, fluctué, quoique aux alentours de niveaux moindres. La stabilisation des niveaux de contaminants atteste la persistance du rejet de produits chimiques dans le bassin des Grands Lacs.

4. Les Grands Lacs constituent le plus vaste territoire de pêche en eau douce de la planète. Dès le début des années 1970, on a interdit la pêche commerciale dans les lacs Sainte-Claire et Érié en raison de la présence de contaminants toxiques. Depuis lors, on a interdit la pêche commerciale de certaines espèces dans tous les Grands Lacs. Au début des années 1980, on a levé quelques interdictions de pêche, notamment celle du doré dans la partie ouest du lac Érié et dans le lac Sainte-Claire. Toutefois, les marchés commerciaux de nombreuses espèces sont toujours fermés en raison de la contamination par des produits chimiques.

5. Des avis relatifs à la consommation de poisson gibier ont été publiés pour 36 des 42 «secteurs préoccupants» les plus contaminés. Ces avis portent le plus souvent sur les prédateurs qui connaissent une vie relativement longue et sont situés au sommet du réseau trophique tels que le touladi, le saumon et le doré ainsi que sur les poissons, tels que la carpe, qui vivent dans les milieux contaminés du littoral. Des avis sur la consommation de touladi sont en vigueur dans tous les Grands Lacs — y compris tous les lieux échantillonnés du lac Ontario — sauf le lac Érié. Dans le cas du touladi, le nombre d'avis émis pour les lacs Ontario et Supérieur est demeuré le même depuis 1983.

6. Des analyses multimédias des données relatives à l'ensemble du pays et à la région des Grands Lacs révèlent que de 80 à 90% de l'exposition des êtres humains aux produits organochlorés persistants est due à l'alimentation, tandis que de 5 à 10% provient de l'air et moins de 1% de l'eau. L'eau potable tirée des lacs et traitée par les municipalités contient d'infimes quantités d'organochlorés, lesquelles sont habituellement conformes aux recommandations en vigueur pour la qualité de l'eau potable au Canada.

7. Il est difficile de distinguer les effets des contaminants sur les populations et les communautés de poissons des Grands Lacs des effets de la surpêche, de la perte d'habitats et de l'introduction d'espèces exotiques. De nombreuses preuves indirectes montrent que les contaminants jouent un rôle da les décès massifs d'embryons de touladis survenus dans le lac Michigan au début des années 1980.

8. Certaines données de laboratoire révèlent de façon convaincante que les produits chimiques toxiques finissent par nuire à la survie, à la croissance et à la reproduction de certaines espèces de poissons des

Grands Lacs. Beaucoup des réactions sublétales aux produits chimiques telles que l'augmentation de l'activité enzymatique, la déformation des nageoires et l'apparition de tumeurs dénotent la métabolisation des substances toxiques par les poissons. En raison de leur association étroite avec les sédiments contaminés, les espèces de fond telles que la barbotte brune et le meunier noir ont servi à contrôler la prévalence de tumeurs chez les poissons de l'ensemble des Grands Lacs. Ces deux espèces souffrent de tumeurs du foie et de l'épiderme, ces dernières semblant être associées à des facteurs autres que chimiques. Toutefois, la répartition géographique des tumeurs du foie et les résultats des études en laboratoire donnent fortement à croire que ces tumeurs sont le fait de produits chimiques présents dans l'environnement.

9. Onze espèces fauniques (deux mammifères, huit oiseaux et un reptile) du bassin des Grands Lacs ont connu divers problèmes, dont des difficultés de reproduction attribuables aux contaminants chimiques. Toutes sont des espèces piscivores qui vivent longtemps. Au cours de la dernière décennie, on a constaté des reprises significatives de la reproduction et des augmentations de la population chez la plupart des espèces d'oiseaux touchées. Les problèmes graves sont maintenant confinés à certaines régions. Ainsi, on constate toujours des problèmes de reproduction et des malformations congénitales chez les cormorans et les sternes des lacs Michigan et Huron, et chez la chélydre serpentine (une tortue) du port de Hamilton, dans le lac Ontario. Malgré l'amélioration de la capacité de reproduction, plusieurs indicateurs biologiques — les niveaux de vitamine A, la fonction de la glande thyroïde, la biosynthèse du hème et l'activité des enzymes de détoxication — demeurent anormaux chez les goélands sur de vastes superficies du bassin des Grands Lacs.

10. L'augmentation des populations de deux espèces, soit le cormoran et le Goéland à bec cerclé, dépasse les variations normalement enregistrées pour des vertébrés. Ces populations sont maintenant de 20 à 40 fois supérieures aux nombres relevés antérieurement. Ces augmentations sans précédent témoignent d'une modification fondamentale de l'écosystème des Grands Lacs.

11. Malgré certaines améliorations, le nombre des Pygargues à tête blanche sur les Grands Lacs inférieurs ne représente toujours qu'une petite fraction de ce qu'il était. Les couples qui nichent le long du littoral des lacs Michigan et Huron continuent d'éprouver des problèmes de reproduction, et l'on n'a enregistré aucune tentative de nidification sur le lac Ontario depuis 1951. Dans certaines régions, il est possible que l'absence d'habitat entrave la récupération de l'espèce.

12. Des malformations congénitales ont été relevées chez les oisillons de dix espèces piscivores du bassin des Grands Lacs. La prévalence de becs croisés chez les oisillons du cormoran de la baie Green est de 22 à 87 fois supérieure à la normale. Même si les taux ont baissé, les oisillons des cormorans et des sternes présentaient encore des malformations congénitales dans le lac Ontario en 1988. Chez les chélydres serpentines du littoral des lacs Ontario et Érié, on constate un plus faible taux d'éclosion des œufs et une plus grande incidence de malformation des embryons que chez les populations de l'intérieur.

13. Les études de la faune ont révélé que les effets sur le développement et la reproduction peuvent être observés chez une foule d'espèces, notamment les oiseaux, les reptiles, les poissons et les mammifères exposés à des mélanges de contaminants présents dans le bassin des Grands Lacs. Même s'il existe des différences dans le comportement et dans l'exposition entre les humains et la faune, les constatations des recherches laissent entendre que les études sur les populations humaines devraient examiner ces effets subtils sur la santé.

14. Les quelques études publiées à ce jour révèlent que l'incidence de cancer et de mortalité ainsi que les problèmes de reproduction ne sont pas plus élevés dans le bassin des Grands Lacs que dans toute autre région fortement industrialisée du pays. Certaines études épidémiologiques établissent effectivement un lien entre la consommation de poisson contaminé par les mères et les effets nocifs sur le développement de leurs enfants. De toute évidence, certaines sous-populations (les nourrissons et les grands consommateurs de poisson et de gibier contaminés) du bassin des Grands Lacs et d'ailleurs au Canada sont plus exposées aux contaminants et sont donc plus à risque. D'autres, telles que les personnes âgées, les fœtus ou les personnes malades, courent aussi de plus grands risques en raison de leur sensibilité possible aux effets des polluants. Il n'existe pas encore d'études suffisantes pour ces sous-populations.

15. Les rares données disponibles sur les résidus dans les tissus humains laissent entendre que la population du bassin des Grands Lacs n'est probablement pas exposée à des niveaux plus élevés des polluants les plus persistants que les habitants du reste de l'Amérique du Nord. Toutefois, les personnes qui consomment de grandes quantités de poissons et d'animaux contaminés, particulièrement les autochtones ainsi que les pêcheurs et chasseurs sportifs, sont davantage exposées à plusieurs de ces polluants. Des niveaux élevés de contaminants dans le bassin des Grands Lacs (et ailleurs) menacent effectivement la santé, bien qu'on ignore la nature et la portée précise de cette menace. Les habitants du bassin qui consomment de grandes quantités de poissons et d'animaux contaminés devraient être sensibles à ces préoccupations et réduire leur consommation de poissons gibiers et d'animaux conformément aux avis en vigueur.

16. Si l'on entend réduire davantage la contamination globale des Grands Lacs, il faudra régler des problèmes tels que la remobilisation, dans le réseau trophique, des produits chimiques à partir des sédiments de fond contaminés, le transport atmosphérique à grande distance de produits chimiques toxiques vers les lacs, le lent écoulement de contaminants provenant de dépotoirs de déchets dangereux, le transfert de contaminants par les affluents des lacs et les rejets de sources ponctuelles encore mal réglementées.

Préambule

Ce rapport résume l'état actuel des connaissances scientifiques sur les concentrations de produits chimiques toxiques dans les Grands Lacs et leurs effets connexes sur les poissons, la faune et les êtres humains vivant dans le bassin.

Au cours des 30 derniers mois, Environnement Canada, le ministère des Pêches et des Océans et Santé et Bien-être social Canada se sont associés pour recenser les renseignements sur les niveaux, les tendances et les effets des produits chimiques toxiques persistants dans le bassin des Grands Lacs. Ce travail a donné lieu à la production d'un rapport technique en deux volumes intitulé *Les produits chimiques toxiques dans les Grands Lacs et leurs effets connexes*. Le volume I documente les niveaux de produits chimiques dans l'eau, les sédiments, les poissons, la faune et les êtres humains. Quant au volume II, il donne l'état des connaissances au sujet des effets de ces contaminants sur les poissons, la faune et les êtres humains, ainsi qu'une synthèse qui représente un consensus scientifique sur le sens des données techniques contenues dans les deux volumes. Les renseignements fournis dans le présent résumé sont tirés de ces volumes.

Que ce soit par des textes, des paroles ou des images, beaucoup d'information a été diffusée sur les niveaux de produits chimiques toxiques circulant dans toute la biosphère. On a cependant produit moins de documents au sujet de leurs effets sur chaque espèce. Il existe encore moins d'études sur les conséquences pour la santé de l'être humain, validées par les scientifiques et les professionnels de la santé comme étant bien fondées ou complètes.

Compte tenu de notre connaissance des produits chimiques et de la toxicologie, il est permis de croire que les produits chimiques persistants présents dans l'environnement ont un effet considérable sur la faune. Nous connaissons toujours fort mal les effets sur une personne par suite de son exposition à des produits chimiques organiques et à des métaux toxiques tout au long de sa vie. Malgré certaines incertitudes, il est évident que les produits chimiques toxiques menacent l'ensemble de l'écosystème. C'est pourquoi l'accord canado-américain relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs a reconnu le principe d'élimination virtuelle de substances toxiques rémanentes des lacs. Les gouvernements nationaux des deux pays ainsi que la province d'Ontario, les huit États des Grands Lacs et les grandes municipalités s'acheminent vers ce but au moyen de règlements, de mesures de lutte contre la pollution et d'éducation populaire. Entretemps, les programmes gouvernementaux continuent de surveiller la santé de l'écosystème, d'évaluer dans quelle mesure les produits chimiques toxiques y portent atteinte et de mettre au point des moyens de réduire les conséquences des expositions.

Dans ce rapport, on utilise indifféremment les termes et expressions «contaminants», «polluants», «substances toxiques persistantes ou rémanentes» et «produits chimiques toxiques». Un certain nombre de substances toxiques persistantes sont des métaux, mais la majorité sont des produits chimiques organiques. Les termes et expressions «organochlorés», «pesticides organochlorés» et «produits chimiques organochlorés» figurent dans le texte. On trouvera à la fin du document un glossaire qui présente la définition des termes et expressions techniques utilisés dans le rapport.

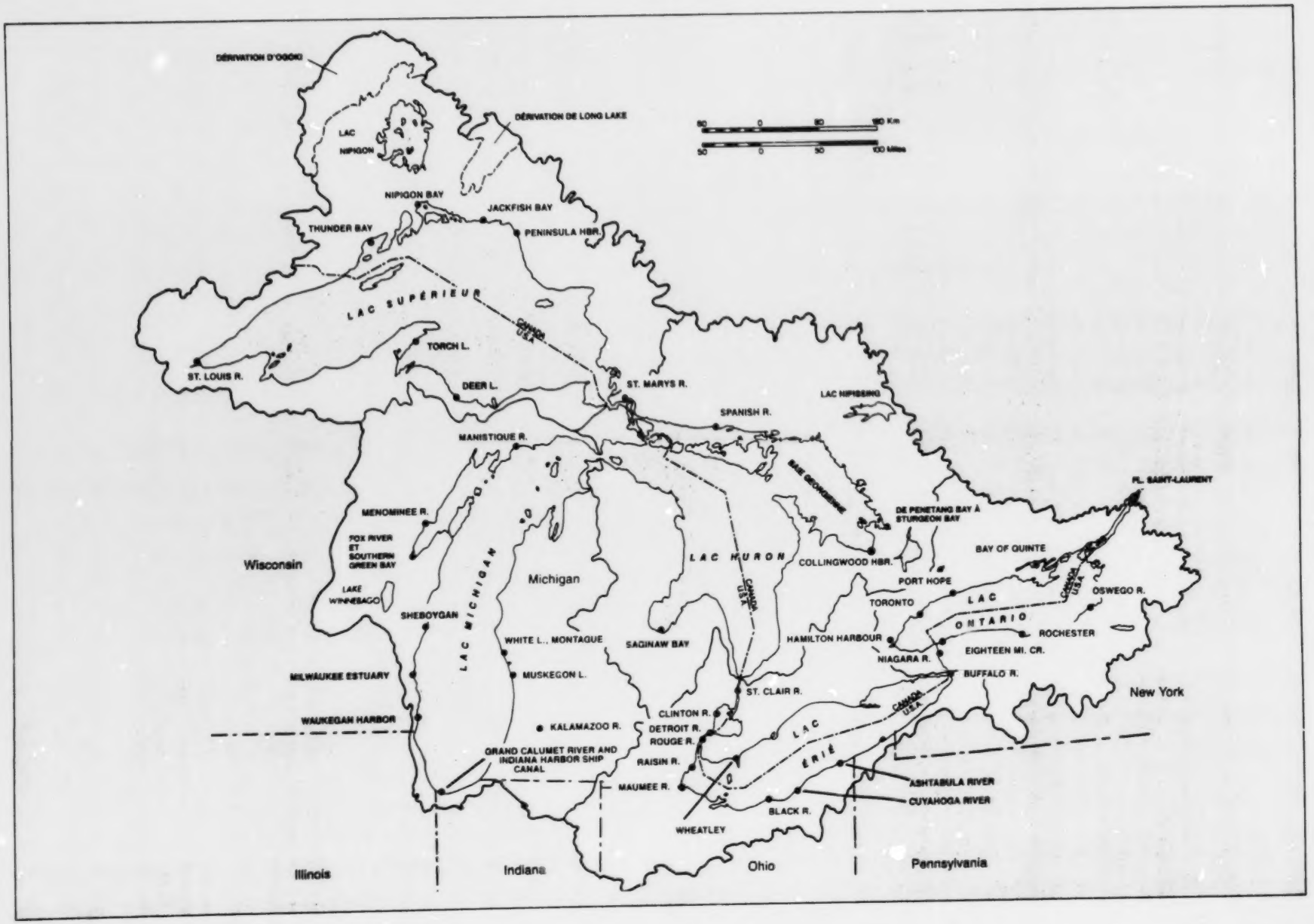


FIGURE 1 Bassin des Grands Lacs

Note : Les 42 «secteurs préoccupants» sont identifiés.

1

Introduction

Les Grands Lacs laurentiens constituent la plus grande étendue d'eau douce du globe. Ils contiennent une incroyable quantité d'eau — 22 000 kilomètres cubes — soit l'équivalent de 21 % des eaux douces de surface de la planète. L'écoulement sortant des Grands Lacs est relativement faible, compte tenu de la quantité d'eau qu'ils renferment. Chaque année, moins de 1 % de l'eau des Grands Lacs s'écoule par le fleuve Saint-Laurent.

Les estimations du dernier recensement révèlent que 8 millions de Canadiens et 28 millions d'Américains habitent dans le bassin hydrographique des Grands Lacs (tableau 1). On y trouve 28 villes de plus de 50 000 habitants et 13 400 installations manufacturières et industrielles. Nous utilisons les lacs et leurs affluents ainsi que les voies interlacustres pour l'approvisionnement en eau, les loisirs, le transport des marchandises et l'évacuation des déchets chimiques et biologiques. La production et le rejet de produits chimiques auxquels donnent lieu les fortes densités démographiques et industrielles du bassin des Grands Lacs ont soulevé maintes inquiétudes tant au sujet des répercussions de l'activité humaine sur l'écosystème que des conséquences d'un écosystème contaminé pour la santé. Récemment, on a reconnu que l'ampleur des dépôts atmosphériques de produits chimiques provenant de l'extérieur du bassin et que les contaminants contenus dans les aliments représentaient aussi des facteurs importants d'exposition pour les êtres humains.

TABLEAU 1
Population et utilisation des terres dans le bassin des Grands Lacs

	Supérieur	Michigan	Huron	Érié	Ontario
Population					
Canada (1986)	176 365	—	1 053 115	1 705 470	4 867 880
É.-U. (1986)	487 100	12 051 200	1 408 000	10 827 300	2 507 400
Total	663 465	12 051 200	2 461 115	12 532 770	7 375 280
Utilisation des terres dans le bassin (pourcentage)					
Agricole					
Canada	0,5	—	21	80	44
É.-U.	6,0	44	40	63	33
Total	3,0	44	27	67	39
Utilisation du littoral (pourcentage)					
Agricole					
Canada	s.o.	—	4	21	30
É.-U.	s.o.	20	15	14	33
Résidentielle et commerciale					
Canada	s.o.	—	69	49	43
É.-U.	s.o.	51	74	57	48
Récréative et autres					
Canada	s.o.	—	27	30	27
É.-U.	s.o.	29	11	29	19

s.o. : sans objet

Source : *Les Grands Lacs : Atlas écologique et manuel des ressources, 1988.* Données démographiques : Statistique Canada.

Un survol historique

La transformation contemporaine de l'écosystème du bassin des Grands Lacs a débuté avec l'arrivée des immigrants européens à la fin du XVIII[e] siècle. La colonisation, l'exploitation forestière et l'agriculture ont d'abord modifié le paysage et l'écosystème aquatique. Il s'ensuivit des problèmes bactériologiques occasionnés par les égouts urbains. Au cours du XX[e] siècle, les activités humaines ont entraîné une diminution des populations de poissons en raison de la surpêche, une modification draconienne du littoral causée par d'intenses activités riveraines et l'eutrophisation excessive du lac Érié. Au fur et à mesure qu'augmentaient la fabrication et l'utilisation de produits chimiques de synthèse ainsi que la production de déchets industriels et domestiques, s'accroissait l'utilisation des lacs à des fins de dépotoir, d'où leur pollution toujours plus prononcée. Par exemple :

- Dès 1963, des études sur le Goéland argenté du lac Michigan révélaient un affaiblissement de sa capacité de reproduction et la présence de niveaux élevés de DDT/DDE.
- En 1968, on a trouvé de fortes concentrations de mercure dans les sédiments des lacs Ontario et Huron. À l'époque, les industries utilisant le procédé au chlore et à la soude caustique rejetaient le mercure directement dans les rivières et les lacs. En 1970, on a trouvé du mercure dans le poisson des lacs Huron et Sainte-Claire ainsi que dans celui de la partie ouest du lac Érié, la partie est du lac Ontario et dans le fleuve Saint-Laurent; ces lacs ont dû être fermés à certaines pêches commerciales.
- En 1971, un biologiste de la faune qui visitait une colonie de Sternes pierregarins dans le port de Hamilton a repéré des œufs contenant des embryons morts et un jeune oisillon présentant une malformation du bec. On a par la suite établi un rapport entre ces problèmes et la présence de BPC, de DDT/DDE et d'hexachlorobenzène dans les œufs.
- En 1971, à la suite de la découverte de résidus de BPC dans le poisson, le service d'hygiène publique du Michigan a émis le premier avis de l'histoire des Grands Lacs pour limiter la consommation de touladi et de saumon provenant du lac Michigan.
- En 1974, on a décelé la présence de mirex dans le poisson provenant de la baie de Quinte. Les seules sources connues de ce produit sont une usine de fabrication sur la rivière Niagara et une autre sur le lac Ontario.
- En 1976, l'Ontario a publié son premier *Guide pour la consommation du poisson gibier de l'Ontario*. L'édition de 1990 présente des lignes directrices sur la consommation de poisson pêché dans près de 2 000 emplacements des Grands Lacs et de leurs voies interlacustres ainsi que dans les lacs et rivières de l'intérieur.
- En 1978, le Love Canal, situé à proximité de Niagara Falls (New York), a été déclaré territoire présentant une menace pour la santé, et 238 foyers ont dû être évacués. Une bouillie de solvants, de pesticides et de boues industrielles, abandonnés depuis longtemps

Les polluants critiques

En 1985, la Commission mixte internationale (CMI) a qualifié de polluants critiques pour les Grands Lacs, 11 des contaminants toxiques les plus persistants et répandus. Il s'agit des BPC, du DDT et de ses métabolites, de la dieldrine, du toxaphène, de la dioxine (2,3,7,8-TCDD), des furanes (2,3,7,8-TCDF), du mirex, de l'hexachlorobenzène, du mercure, du plomb alkylé et du benzo[a]pyrène (B[a]P). Huit de ces polluants critiques sont des composés organochlorés qui posent un danger pour la vie en raison de leurs caractéristiques chimiques et de leur toxicité manifeste. Liposolubles et persistants dans l'environnement, beaucoup d'entre eux ont été utilisés comme pesticides ou produits chimiques industriels. On les trouve aussi dans les déchets industriels, dans les produits de combustion de déchets ou de combustibles ainsi qu'en tant qu'impuretés dans les pesticides.

Tous ces produits chimiques, fort répandus, ont tendance à s'accumuler dans les organismes, à se concentrer dans le réseau trophique et, malgré certains règlements, à persister à des niveaux supérieurs aux normes dans certaines régions de l'écosystème. En 1985, un inventaire des produits chimiques réalisé pour le compte de la CMI a permis de répertorier près de 1 000 composés. Trois cent soixante-deux ont été mesurés au moins une fois dans le bassin, et des profils de toxicité ont été préparés pour environ 200 d'entre eux. Ces profils sont fondés sur une revue documentaire des écrits scientifiques traitant de la toxicité aiguë, subchronique et chronique, de la cancérogénicité, de la mutagénicité et des effets sur la reproduction, lesquels englobent la tératogénicité (toxicité développementale), l'immunotoxicité et la neurotoxicité ainsi que des effets sur le comportement.

On trouvera à l'annexe des renseignements supplémentaires sur chacun des 11 polluants critiques.

Nombre des produits chimiques présents dans les Grands Lacs se rangent dans la catégorie des composés organiques volatiles, qui ont tendance à s'évaporer. Ces produits chimiques se dégradent assez rapidement (ils sont non persistants); toutefois, ils sont très répandus et certains sont fort toxiques. Le présent rapport s'intéresse avant tout aux substances toxiques persistantes, mais il y a lieu de s'inquiéter des substances toxiques organiques volatiles.

dans un canal d'évacuation désaffecté, s'était infiltrée dans les terrains des habitants. En bout de ligne, 1 030 foyers ont été évacués.

- À la fin des années 1970, le mot «dioxine» est entré dans le vocabulaire pour désigner le produit chimique le plus toxique jamais trouvé dans l'écosystème des Grands Lacs.
- Aujourd'hui, les sondages ne cessent de révéler que les Canadiens et les Canadiennes s'inquiètent de l'effet de l'exposition aux produits chimiques toxiques sur leur santé et souhaitent que les gouvernements interviennent avec fermeté pour atténuer l'objet de leurs craintes.

Les gouvernements ont pris des mesures pour lutter contre la contamination progressive des Grands Lacs. En voici des exemples :

- En 1978, on a révisé l'entente canado-américaine, intitulée l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (ARQEGL), afin de tenir compte de la contamination par les substances toxiques persistantes. On a adopté une philosophie d'élimination des rejets de ces produits chimiques.
- En 1976, une loi fédérale pour lutter contre les produits chimiques qui menacent sensiblement la santé humaine et l'environnement est entrée en vigueur (*Loi sur les contaminants de l'environnement*).
- En 1980, le Canada a interdit l'utilisation des BPC ailleurs que dans le matériel électrique et mécanique existant. Il a aussi interdit l'importation ou la fabrication de tout matériel contenant des BPC.
- En 1987, l'ARQEGL a connu des modifications. Les gouvernements du Canada et des États-Unis ainsi que la province d'Ontario et les huit États riverains des Grands Lacs se sont engagés à dépolluer les 42 lieux gravement pollués du bassin des Grands Lacs. (Ces «secteurs préoccupants» sont indiqués sur la figure 1.)
- En 1987, les deux pays ont signé une déclaration d'intention en vue de réduire, d'au moins 50 % avant 1996, le rejet de certains produits chimiques dans la rivière Niagara.
- En 1988, la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE) est entrée en vigueur. Cette loi cadre permet de formuler et de faire respecter les mesures de contrôle des substances toxiques tout au long de leur cycle de vie.
- Des modifications devront être apportées au procédé de blanchiment au chlore (utilisé dans dix usines des Grands Lacs) par suite de nouveaux règlements établis en vertu de la LCPE pour contrôler la présence de dioxines et de furanes dans les eaux résiduaires des usines de pâtes et papiers. Cette réforme mènera à l'élimination virtuelle des dioxines et des furanes dans les effluents d'ici à 1996.
- En 1990, le Canada et les États-Unis ont convenu d'établir une stratégie de prévention de la pollution dans les Grands Lacs. On dressera un plan d'action que devront adopter tous les secteurs de la société en vue d'atteindre cet objectif d'élimination virtuelle.

Le comportement des produits chimiques toxiques dans l'écosystème

Le cheminement et le sort des produits chimiques toxiques dans les Grands Lacs sont assujettis à des lois physiques, chimiques et biologiques. Une molécule d'un produit chimique présent dans l'eau peut subir des réactions chimiques qui modifient sa structure et augmentent ou diminuent sa toxicité. Elle peut être intégrée au biote, déposée dans les sédiments au fond du lac ou vaporisée dans l'atmosphère. Les solvants industriels rejetés dans l'eau ont tendance à s'évaporer et à se dégrader dans l'atmosphère, à moins d'être précipités de nouveau. Certains indices laissent croire que les produits chimiques organochlorés déposés dans le passé «s'évaporent» des lacs. Ce mécanisme contribue à leur détoxication, mais il permet aussi à ces substances de se répandre ailleurs sur la planète. Dans les voies navigables, les baies et les lacs peu profonds tels que le lac Érié, le lac Sainte-Claire, la baie Saginaw et la baie de Quinte, il arrive que les sédiments soient remués, ce qui remet en suspension du matériel, notamment des produits chimiques toxiques, qui pourra se retrouver dans des systèmes biologiques. Une certaine proportion de produits chimiques toxiques, présents sous forme soluble ou solide dans l'eau et les sédiments, sera inévitablement intégrée au réseau trophique aquatique.

On parle de bioaccumulation lorsqu'une substance se concentre dans un organisme plus vite que celui-ci ne peut l'excréter. Les organismes prédateurs amplifient la concentration dans leur propre corps en consommant de grandes quantités de proies contaminées. Par exemple, les oiseaux aquatiques piscivores, tels que les Goélands argentés, accumulent de plus fortes concentrations dans leur corps que les poissons qu'ils consomment.

Les procédés chimiques et biologiques aident aussi à éliminer les produits chimiques toxiques. Les systèmes vivants des lacs dépendent de la productivité primaire du plancton. Lorsque la teneur en sels nutritifs est à la hausse, la production du plancton augmente et les substances toxiques qui passent dans le réseau trophique demeureront au niveau inférieur ou seront enfouies par sédimentation. Le plancton excédentaire empêche effectivement les produits chimiques d'atteindre les niveaux trophiques supérieurs. C'est ce que l'on peut observer dans le lac Érié où les tissus des poissons et des oiseaux renferment des quantités sensiblement moindres de certains produits chimiques toxiques persistants.

La nature du problème

Les substances toxiques persistantes dans l'environnement sont acheminées vers les lacs par les tuyaux de déversement d'usines, l'écoulement des stations d'épuration des eaux usées et les égouts pluviaux. Il s'agit là de ce qu'on appelle souvent les «sources ponctuelles» qui sont assujetties à divers règlements. Le niveau de traitement dépend du secteur industriel, de la ville et des règlements en vigueur. Les quantités en cause peuvent être considérables. Par exemple, la ville de Detroit déverse quotidiennement près de 3,2 milliards de litres d'eaux usées (700 millions de gallons) dans la rivière Detroit, qui reçoit aussi environ 73 kilogrammes de BPC par année.

Les produits chimiques toxiques empruntent d'autres voies pour atteindre les Grands Lacs, dont les dépôts atmosphériques. Les produits chimiques présents dans le bassin des Grands Lacs ont pu être acheminés par l'atmosphère sur des milliers de milles, ce qui rend difficile une réglementation dans des régions cibles. En raison de la vaste superficie des lacs Supérieur, Huron et Michigan, une bonne part de leurs contaminants provient de l'atmosphère (tableau 2).

Le ruissellement de pesticides organochlorés provenant des terres agricoles vers les cours d'eau, puis vers les lacs, constitue une autre source importante de contamination, qualifiée souvent de «non ponctuelle». Au cours des années 1960 et 1970, on a limité l'utilisation du DDT, de l'hexachlorobenzène et de la dieldrine.

Les déchets chimiques entreposés en grandes quantités par les industries et par les municipalités dans des décharges et des dépotoirs représentent une quatrième source. Au fil du temps, ces installations d'entreposage souterrain ont laissé s'échapper des quantités inconnues de produits chimiques dangereux dans la nappe phréatique. L'infiltration à partir de dépotoirs situés le long de la frontière de la Niagara continue de polluer les eaux souterraines et, de là, la rivière Niagara. On estime à 315 kilogrammes par jour la quantité de produits chimiques toxiques que les plus grands entrepôts de produits chimiques dangereux des États-Unis, situés dans un rayon de trois milles de la rivière, laissent s'y échapper.

Grâce aux actuelles techniques d'analyse, les scientifiques peuvent déceler dans l'eau des concentrations de certains produits chimiques à un niveau d'une partie par mille billions. (Par comparaison, un odorat sensible peut déceler l'odeur de mazout à une partie par milliard, ce qui est un milliard de fois supérieur à une partie par mille billions). La Commission mixte internationale (CMI) a dressé une liste provisoire de 362 produits chimiques qui, à son avis, se retrouvent sans conteste dans l'eau des Grands Lacs. Ces mesures indiquent que tel ou tel composé est présent dans l'écosystème des Grands Lacs, sans révéler toutefois sa source ou ce qu'il en adviendra. En analysant les carottes de sédiments provenant du fond des lacs, les scientifiques ont pu reconstituer le fil des événements. La contamination chimique des Grands Lacs s'est aggravée après la Seconde Guerre mondiale et s'est exacerbée jusqu'aux années 1970. Les concentrations mesurées dans le fond des lacs et dans le tissu des poissons, des oiseaux et des êtres humains confirment la présence soutenue de produits chimiques toxiques persistants dans l'écosystème (voir l'encadré, page 5).

TABLEAU 2
Apports chimiques[1] aux Grands Lacs et pourcentage attribuable aux dépôts atmosphériques

	BASSIN DU LAC									
	Supérieur		Michigan		Huron		Érié		Ontario	
	kg/an	%	kg/an	%	kg/an	%	kg/an	%	kg/an	%
BPC	606	90	685	58	636	63	2 520	7	2 540	6
DDT	92	97	65	98	92	97	319	22	111	32
Benzo[a]pyrène	72	96	208	86	290	80	122	79	155	72
Plomb	241	97	543	99	430	94	567	39	426	50

1. Les données nécessaires à l'établissement du bilan massique n'étaient suffisantes que pour ces quatre produits chimiques et le mirex; même dans ces cas, il demeure beaucoup d'incertitudes.

Note : Les lacs supérieurs, soit le lac Supérieur, le lac Michigan et le lac Huron, reçoivent une fraction significative de leurs BPC, DDT et plomb directement de l'atmosphère. Comparativement aux lacs inférieurs, ils ont une plus grande superficie et moins de sources de contamination locales. En termes absolus, l'apport total de BPC aux lacs inférieurs est quatre fois plus élevé qu'aux lacs supérieurs en raison des sources locales.

Source : *Mass Balancing of Toxic Chemicals in the Great Lakes*, Commission mixte internationale, 1988.

Les caractéristiques hydrologiques

Les cinq Grands Lacs sont reliés par quatre voies interlacustres et drainés par le fleuve Saint-Laurent. Les lacs et les voies possèdent leurs attributs propres qui influent sur le comportement des produits chimiques qui entrent dans leurs eaux. Le tableau 3 montre que le temps de séjour varie considérablement d'un lac à l'autre. Une molécule d'eau qui est entrée dans le lac Supérieur en 1960 pourrait y demeurer jusqu'au XXII[e] siècle. Par contre, la rivière Niagara et le fleuve Saint-Laurent permettent un écoulement très rapide des lacs Érié et Ontario. Les voies interlacustres acheminent rapidement l'eau et les sédiments en aval ; les déchets provenant de la forte concentration d'industries le long des rivières St. Clair, Detroit et Niagara sont acheminés vers les lacs inférieurs.

TABLEAU 3
Particularités hydrologiques des Grands Lacs et des voies interlacustres

	Supérieur	Michigan	Huron	Érié	Ontario
Profondeur maximum (m)	405	281	229	64	244
Superficie du lac (km²)	82 100	57 800	59 600	25 700	18 960
Bassin versant (km²)	127 700	118 000	134 100	78 000	64 030
Total (km²)	209 800	175 800	193 700	103 700	82 990
Volume (km³)	12 230	4 920	3 540	480	1 640
Temps de séjour[1] (années)	191	99	22	2.6	6

	Rivière St. Marys	Rivière St. Clair	Lac Sainte-Claire	Rivière Detroit	Rivière Niagara	Fleuve Saint-Laurent
Longueur (km)	101-121	64	1 115 km² (superficie)	51	59	240
Débit moyen (m³/s)	2 200	5 200	—	5 300	5 800	7 200
Temps d'écoulement[2]	2 jours	21 h	2-9 jours	21 h	n.c.	n.c.
Temps d'écoulement des eaux de surface (heures)	<24	6	—	5	16	240

n.c. = non calculé

1. Le temps de séjour d'un lac est le temps qu'il faudrait pour remplacer toute l'eau si elle s'écoulait par l'issue.

2. Le temps d'écoulement d'une rivière est le temps nécessaire au remplacement complet de son eau.

Note : Le temps de séjour de tel ou tel produit chimique toxique dans un lac est inférieur à celui de l'eau en raison de facteurs tels que l'enfouissement dans les sédiments de fond, l'évaporation et la possibilité ou non de biodégradation.

Source : Environnement Canada.

2

Les contaminants dans l'eau et les sédiments

L'eau

Au cours des dernières années, on a mis au point des techniques d'analyse sensibles permettant de mesurer de très faibles concentrations de contaminants. Jusqu'à 1980, on disposait de très peu de données fiables sur les concentrations de métaux et de produits chimiques organiques toxiques présents dans l'eau des Grands Lacs. Aujourd'hui, il est possible de déceler de façon certaine les métaux, les pesticides et les produits chimiques industriels organiques en parties par billion voire, à l'occasion, en parties par mille billions.

Dans les eaux libres des Grands Lacs, on retrouve des produits chimiques synthétiques en parties par billion ou moins. Les eaux libres sont généralement moins polluées que les eaux du littoral. Le long du littoral ainsi que dans les ports, aux embouchures des cours d'eau, dans les baies et dans les voies interlacustres, on outrepasse souvent les recommandations pour la qualité de l'eau relatives à certains produits chimiques. Les recommandations sont elles-mêmes exprimées en parties par milliard ou moins (tableau 4).

À la lumière d'une évaluation globale de la concentration de produits chimiques toxiques dans l'eau, les sédiments en suspension et les sédiments de fond, les lacs Ontario, Michigan et Érié affichent la plus forte concentration de produits chimiques toxiques et persistants. Les lacs Supérieur et Huron sont les moins contaminés, sauf dans certaines régions bien circonscrites. Les concentrations de produits chimiques dans les eaux libres des lacs sont inférieures aux objectifs spécifiques établis en vertu de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs.

Afin de déceler la présence de produits chimiques organiques toxiques, on recueille habituellement d'importantes quantités d'eau, un procédé long et coûteux. Récemment, les programmes ont plutôt tenté de déceler les produits chimiques dans les 42 «secteurs préoccupants», y compris les voies interlacustres internationales (les rivières Niagara, Detroit, St. Clair et St. Marys) où l'on trouve des sources connues de produits chimiques prioritaires.

Les premières mesures de métaux toxiques (plomb, mercure, cadmium et arsenic) dans l'eau ont probablement été faussées par l'omniprésence de ces métaux sous forme de poussière dans le matériel d'échantillonnage et dans le laboratoire. Les concentrations réelles au cours des années 1960 et 1970 étaient probablement de loin inférieures à ce que l'on avait cru. Des techniques de laboratoire spéciales ont permis depuis d'éliminer ce problème. Il est par conséquent difficile pour les scientifiques de comparer les données chronologiques avec les données récentes, et l'on peut contester toute déclaration sur les tendances à long terme des concentrations de métaux dans l'eau. Les concentrations actuelles de métaux dissous dans l'eau se mesurent en parties par billion.

La détection et la mesure de très faibles concentrations de produits chimiques toxiques dans l'eau pourraient aider les scientifiques à établir un rapport entre la présence d'un contaminant dans des échantillons d'eau et les niveaux élevés décelés dans le plancton, le poisson et la faune. Malheureusement, il n'existe probablement aucun rapport simple entre la concentration de produits chimiques dans l'eau ou dans les sédiments, d'une part, et dans les organismes aquatiques, d'autre part. Environnement Canada et d'autres organismes mesurent les produits chimiques dans l'eau afin de déterminer si celle-ci répond ou non aux recommandations pour la qualité de l'eau. Ces mesures de la qualité de l'eau ambiante s'avèrent toutefois imprécises à des fins de diagnostic. Les concentrations dans les voies interlacustres et le long du littoral peuvent varier considérablement selon le débit de l'eau, la saison ou la remise en suspension de sédiments après une tempête. En raison des variations dans les conditions naturelles, il est difficile d'établir avec certitude des tendances chronologiques relatives aux concentrations dans l'eau. Les communautés biologiques, qui intègrent à long terme ces variations, fournissent des données selon lesquelles les niveaux de contaminants dans les poissons et les oiseaux des Grands Lacs auraient diminué. Au cours des 15 dernières années, les apports industriels et agricoles ont fait l'objet de certains règlements; il est donc raisonnable de supposer que les concentrations dans l'eau ont aussi diminué.

TABLEAU 4
Substances toxiques persistantes dans les Grands Lacs

Substance	Objectif de qualité de l'eau[1] (Parties par milliard)
Substances organiques rémanentes[2]	
Aldrine et dieldrine	0,001
Benzo[a]pyrène	0,01
Chlordane	0,06
DDT (total)	0,003
Endrine	0,002
Heptachlore (total)	0,001
Lindane	0,01
Méthoxychlore	0,04
Mirex	0,005[4]
PCP (pentachlorophénol)	0,4
DEHP (Di-2-éthylhexylphthalate)	0,6
BPC (biphényles polychlorés)	0,001 (proposé)
Toxaphène	0,008
2,3,7,8-TCDD (un congénère de la dioxine)	0,00001 (limite de détection)
Métaux	
Arsenic	50
Cadmium	0,2
Chrome	50
Cuivre	5
Mercure	0,2
Plomb[3]	10,0 - 25,0
Sélénium	10
Zinc	30

1. Tel qu'ils sont énoncés dans l'Accord de 1978 relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs ou ont été proposés par la suite. Les niveaux sont établis afin de protéger l'utilisateur le plus sensible (pas toujours l'être humain).
2. Dans le cas des contaminants organiques toxiques rémanents pour lesquels on n'a pas encore fixé d'objectif, les concentrations de ces composés dans l'eau ou les organismes aquatiques devraient être inférieures au niveau de détection déterminé en vertu de la meilleure méthode scientifique disponible. Aucune recommandation n'a été établie pour l'OCS (octachlorostyrène), le HCB (hexachlorobenzène), le BHC (l'hexachlorure de benzène), le TCDF (tétrachlorodibenzofurane), et le HCBD (hexachlorobutadiène).
3. La concentration dépend du lac. On a fixé des objectifs moindres pour les lacs Supérieur et Huron.
4. L'objectif pour le mirex est qu'il soit «essentiellement absent» ou inférieur au niveau de détection déterminé grâce à la meilleure méthode (actuellement 0,005 partie par milliard).

Note : Les objectifs relatifs aux poissons sont traités au chapitre 3.

Les sédiments

Les sédiments des lacs et des rivières sont composés de matière inorganique (minérale) et organique. En raison de leurs propriétés physico-chimiques, les BPC, les pesticides organochlorés et les métaux se lient par adsorption aux particules de sédiments en suspension dans l'eau. Les sédiments en suspension sont aussi composés partiellement de plancton, lequel peut concentrer les métaux et les produits chimiques organiques toxiques. Les concentrations de BPC dans les sédiments en suspension peuvent être par conséquent mille fois plus élevées que dans l'eau. À terme, les sédiments en suspension sont soit propulsés en aval ou déposés au fond du lac dans des bassins de décantation ou de sédimentation. On en trouve un exemple dans les couches de surface des sédiments du lac Sainte-Claire, qui renferment des concentrations élevées de mercure en raison des apports provenant de la rivière St. Clair.

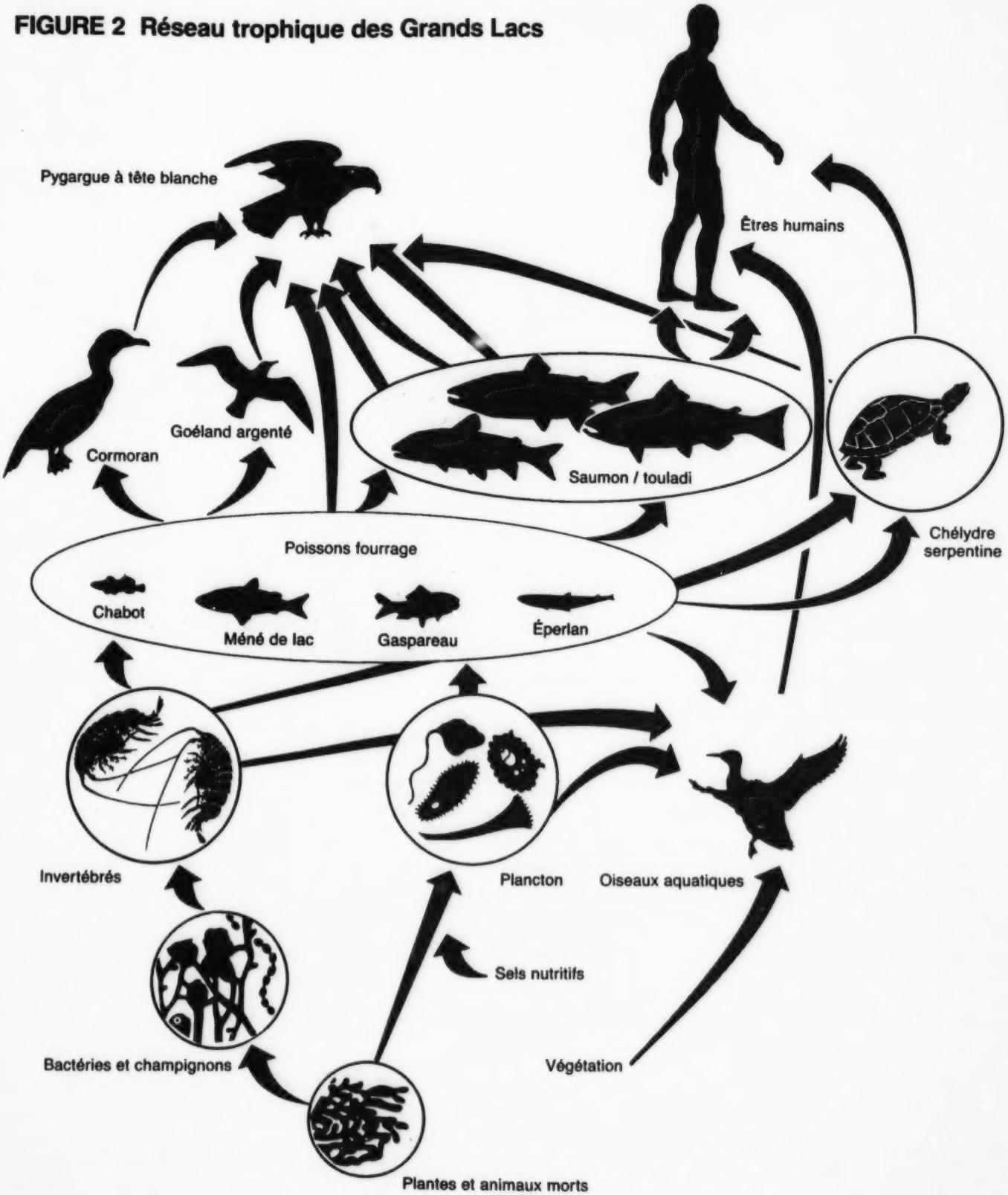
L'extraction de carottes de sédiments du fond des lacs constitue une méthode utile pour déterminer les tendances chronologiques des apports de produits chimiques aux lacs. On analyse diverses sections de ces carottes en rapport avec la profondeur afin d'obtenir un profil des dépôts sur une période donnée. Grâce au radiodatage des carottes de sédiments, les scientifiques peuvent déterminer le niveau préindustriel d'un produit chimique synthétique (zéro) ou d'un métal, en suivre l'augmentation et la diminution au cours des 40 dernières années et évaluer la portée d'une réglementation ou de l'interruption de son utilisation par les changements obtenus.

Pour la plupart des contaminants, les tendances historiques révèlent que les apports de presque tous les produits chimiques toxiques persistants ont atteint un sommet au cours des années 1960 et 1970. Ces apports de pointe ont fléchi à la suite de l'adoption de mesures visant à limiter les rejets de pesticides organochlorés, de BPC et de mercure, ce qui n'empêche pas les niveaux de mercure dans les sédiments de fond des rivières Niagara, Detroit et St. Clair de demeurer supérieurs aux niveaux énoncés dans les lignes directrices pour l'élimination des déblais de dragage.

Les carottes de sédiments provenant des lacs Huron et Érié révèlent que des dioxines et des furanes continuent de s'accumuler dans les sédiments au même rythme qu'au cours des années 1960, bien qu'on ait constaté une légère baisse dans le lac Érié depuis le milieu des années 1970. Cette situation serait attribuable au dépôt atmosphérique constant de ces sous-produits de la combustion. Dans les lacs Supérieur et Michigan, les carottes de sédiments renferment des niveaux de plomb égaux ou légèrement inférieurs à ceux de 1970. À mesure que l'on resserrera les règlements sur les émissions des automobiles et que sera éliminée l'essence au plomb au Canada (en 1991), le rythme de dépôt du plomb devrait commencer à chuter de nouveau.

Le mirex, un pesticide, a été fabriqué dans une usine située le long de la rivière Niagara à partir des années 1950 jusqu'en 1976; les carottes de sédiments prélevées dans le delta de la rivière en 1980 permettent de retracer l'évolution de cette activité industrielle. Toutefois, en 1981, l'analyse des bassins de sédimentation sur la rive sud du lac Ontario a révélé que le dépôt de ce produit chimique se poursuivait, la remobilisation des sédiments contaminés de la rivière Niagara pouvant en être la cause. En ce qui a trait aux BPC dans la rivière Niagara, les carottes de sédiments prélevées dans le delta révèlent que les concentrations les plus élevées sont survenues au début des années 1960. Les niveaux ont maintenant atteint un plateau, à des niveaux équivalents à ceux des années 1950. À l'instar du mirex, les BPC ont été chassés dans le lac Ontario à partir de la rivière Niagara. Les relevés des sédiments de fond du lac Ontario font apparaître un panache de BPC à partir de l'embouchure de la rivière Niagara.

FIGURE 2 Réseau trophique des Grands Lacs



Note : Voici une représentation simplifiée du réseau trophique, qui présente les principaux cheminements. Les aliments (l'énergie) suivent la direction indiquée par les flèches, sous l'impulsion du rayonnement solaire. Le diagramme n'est pas à l'échelle.

3

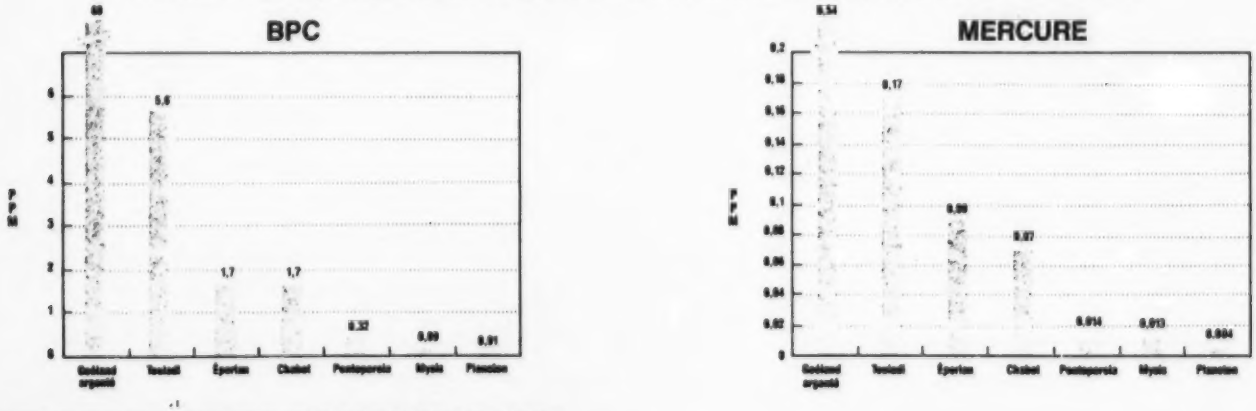
Les contaminants toxiques : niveaux et effets dans le réseau trophique des Grands Lacs

Toutes les espèces ont acquis l'aptitude à absorber sélectivement les éléments chimiques essentiels et les composés naturels à partir de leur environnement. Les propriétés physico-chimiques des métaux lourds et de nombreux produits chimiques de synthèse leur permettent de pénétrer dans les organismes, de résister à la métabolisation ou à l'excrétion et, par conséquent, de s'y concentrer. Si son environnement continue d'exposer l'organisme à des produits chimiques qu'il ne peut excréter ou détoxiquer convenablement, les concentrations peuvent atteindre des niveaux toxiques. Certains des polluants critiques peuvent avoir des effets carcinogènes et nuire à la reproduction et au développement, même à des concentrations relativement faibles. Dans les Grands Lacs, les niveaux de contaminants trouvés dans les poissons et les animaux dépendent d'une foule de facteurs, notamment l'habitat, la taille du spécimen, le choix des proies, les besoins d'énergie, la position dans le réseau trophique, l'aptitude à métaboliser les contaminants et, dans le cas des produits chimiques organochlorés, de la teneur en graisse des tissus.

La bioamplification de produits chimiques tels que les BPC, les dioxines et les pesticides organochlorés à partir des niveaux trophiques inférieurs (phytoplancton) jusqu'aux prédateurs des niveaux supérieurs (oiseaux piscivores et êtres humains) a été observée dans le réseau trophique des Grands Lacs (figure 2). Comme les organochlorés sont beaucoup plus solubles dans les graisses que dans l'eau, ils sont absorbés dans les graisses du phytoplancton (plantes et algues microscopiques) à partir de l'eau. Les plus gros organismes mangent les plus petits : ainsi, les contaminants cheminent le long du réseau trophique jusqu'aux poissons et, à terme, jusqu'aux oiseaux aquatiques et aux mammifères. Puisqu'un seul prédateur consomme beaucoup de petits organismes, il ingère plus de contaminants que sa proie. Et comme les animaux aquatiques excrètent très lentement (sinon pas du tout) les produits chimiques organochlorés, ces contaminants s'accumulent de plus en plus à chaque maillon de la chaîne trophique (figure 3).

Les contaminants peuvent emprunter une autre voie : ils sont absorbés à partir des sédiments par la faune benthique telle que les tubificidés, les larves d'insectes, les mollusques ou les écrevisses et s'accumulent dans les canards, les tortues et les poissons de fond tels que les meuniers noirs, les barbottes brunes et les carpes.

FIGURE 3 Bioamplification des BPC et du mercure dans le réseau trophique du lac Ontario, 1982



Source : Environnement Canada et le ministère des Pêches et des Océans.

Note : Le cheminement du plancton au Goéland argenté est tiré du réseau trophique.

On a utilisé 1982 car il s'agit de l'année la plus récente pour laquelle des données sont disponibles sur le plancton, *Mysis* et *Pontoporeia*. La concentration de BPC dans les eaux libres du lac Ontario a été mesurée à 5 ppt en 1986 ; par conséquent, il existe un facteur de bioconcentration de 10 millions à partir de l'eau jusqu'aux œufs du Goéland argenté.

Les poissons absorbent aussi des produits chimiques toxiques directement des grandes quantités d'eau qui traversent leurs branchies durant la respiration.

En remontant le réseau trophique, les facteurs de bioamplification s'accentuent. Par exemple, les BPC sont présents dans l'eau des Grands Lacs en concentrations de quelques parties par billion ; dans les œufs de pygargues, au sommet du réseau trophique du lac Érié, on a mesuré des BPC à plus de 25 parties par million aussi récemment qu'en 1988, ce qui correspond à un facteur de bioamplification de 25 millions. Les facteurs de bioamplification du mercure et des HAP sont moins spectaculaires (habituellement 1000 fois).

Les résidus de contaminants

Les règlements adoptés par les gouvernements au cours des années 1970 dans le but de restreindre l'utilisation de pesticides organochlorés et de BPC ont entraîné des diminutions considérables des concentrations de contaminants dans les poissons et la faune des Grands Lacs. Les ensembles de données relatives aux BPC, au DDT, au mirex et à l'hexachlorobenzène dans le touladi et les Goélands argentés attestent cette tendance. Toutefois, les niveaux de contaminants dans les poissons et les oiseaux piscivores ont maintenant atteint un plateau, parce que certains de ces produits chimiques

La biosurveillance

Les oiseaux

Au début des années 1960, il est devenu évident que le Pygargue à tête blanche et d'autres oiseaux éprouvaient des problèmes de reproduction liés à l'exposition au DDT et à d'autres produits chimiques industriels. À la fin des années 1960, les biologistes travaillant sur le terrain ont commencé à constater un déclin des populations d'oiseaux piscivores du bassin des Grands Lacs. Les scientifiques qui se penchèrent alors sur les populations de ces espèces dans les lacs Ontario et Michigan ont constaté que ces oiseaux étaient parmi les plus contaminés au monde. En 1974, le Service canadien de la faune a lancé un programme de surveillance annuelle pour mesurer les résidus de contamination aux organochlorés dans les œufs de Goélands argentés de 13 colonies réparties dans le bassin des Grands Lacs.

Les oiseaux piscivores et les poissons prédateurs étant au sommet du réseau trophique des Grands Lacs, l'évaluation du niveau de contamination de leurs tissus est révélatrice de la contamination globale de l'écosystème. En 1974, on a choisi le Goéland argenté comme témoin biologique des Grands Lacs puisque les populations de cet oiseau n'étaient pas aussi gravement touchées que celles du cormoran et de la sterne et que les goélands continuaient de pondre. De plus, les Goélands argentés sont présents partout dans le bassin, où ils demeurent à longueur d'année, consommant surtout des poissons. Les œufs du Goéland argenté servent d'indicateurs témoins, moyen jugé le moins perturbateur pour mesurer les niveaux présents dans le réseau trophique. Les femelles peuvent en effet remplacer les œufs perdus au début de la saison, ce qui évite d'avoir à tuer des adultes afin de mesurer les niveaux de pollution. Dans chacun des lacs, les Goélands argentés demeurent à proximité de leur colonie pour une bonne partie de l'année, agissant comme intégrateurs des contaminants à l'échelle régionale.

Les poissons

Des organismes canadiens exécutent quatre programmes de surveillance des niveaux de contamination des poissons des Grands Lacs :

1) De concert avec la *Environmental Protection Agency* et le *Fish and Wildlife Service* des États-Unis, le ministère des Pêches et des Océans administre le *Open Lake Fish Contaminant Program*. Depuis 1977, le programme permet de mesurer chaque année les concentrations de produits chimiques toxiques persistants dans les poissons prédateurs du niveau supérieur du réseau trophique (le touladi et le doré) et les poissons fourrage (l'éperlan arc-en-ciel et le cisco de fumage). Comme les contaminants accumulés par les poissons se concentrent dans l'ensemble de leurs tissus, le programme prévoit l'analyse de poissons entiers.

2) Le ministère de l'Environnement de l'Ontario prélève des queues à tache noire de l'année dans les voies interlacustres et les embouchures des affluents des Grands Lacs. Puisque ces poissons (un type de ménés) ne migrent pas et qu'on ne choisit que des jeunes nés dans l'année, on obtient ainsi une lecture des niveaux de contaminants à l'échelon local et une indication des apports récents.

3) Les poissons gibiers sont prélevés par le ministère de l'Environnement et le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario afin d'en analyser le tissu maigre du muscle dorsal. Le *Guide pour la consommation du poisson gibier de l'Ontario* présente chaque année les résultats de ces analyses.

4) Le ministère des Pêches et des Océans relève et analyse des filets de poissons destinés à la vente et capturés par les pêcheurs commerciaux des Grands Lacs.

Autres espèces

En vertu de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs, on a choisi le plancton tamisé, *Mysis* (un gros zooplancton) et *Pontoporeia* (une espèce benthique) comme témoins biologiques. Ces organismes ont été choisis afin de quantifier les gradients de pollution au fur et à mesure que ces organismes concentrent les résidus et afin de prédire la bioamplification au sein du réseau trophique (puisque ces organismes composent une importante partie de l'alimentation des poissons).

sont extrêmement persistants et que certains apports ne font toujours pas l'objet de mesures de contrôle.

Les poissons

Les niveaux de concentration de contaminants dans les poissons sont fonction de leur position dans le réseau trophique, de la partie du poisson qu'on analyse ainsi que de l'âge et de la teneur en graisses du spécimen. Afin de normaliser ces facteurs et de pouvoir établir des comparaisons entre les lacs et au fil du temps, on prélève des espèces appartenant à des niveaux supérieurs du réseau trophique. On procède ensuite à des analyses chimiques de poissons entiers pour enfin faire rapport de données relatives à certaines catégories d'âge. Le touladi est l'espèce retenue pour les lacs Ontario, Huron, Michigan et Supérieur, tandis que le doré est utilisé dans le cas du lac Érié.

Les tendances globales

Selon les ensembles de données les plus récents (1988) sur les pesticides organochlorés, les BPC et la dioxine, les poissons des lacs Ontario et Michigan affichent généralement des concentrations plus élevées de contaminants que les poissons des autres lacs. Le touladi du lac Ontario contient les niveaux les plus élevés de BPC, de DDT, de mirex, de dieldrine et de dioxine, tandis que celui du lac Supérieur possède les niveaux les plus élevés de toxaphène. Le doré du lac Sainte-Claire présente les niveaux les plus élevés de mercure. Les données annuelles révèlent que, depuis la fin des années 1970, les baisses les plus marquantes sont survenues dans les lacs Ontario et Michigan, tandis que la diminution la plus uniforme pour l'ensemble des produits chimiques s'observe dans les poissons du lac Érié. Ce lac a la plus courte durée de séjour des cinq Grands Lacs, et l'on croit que les contaminants adsorbés à des particules en sont évacués le long de la rivière Niagara. Il s'agit aussi du lac ayant la plus grande biomasse : par conséquent, la quantité de contaminants absorbée par chaque individu est proportionnellement moindre.

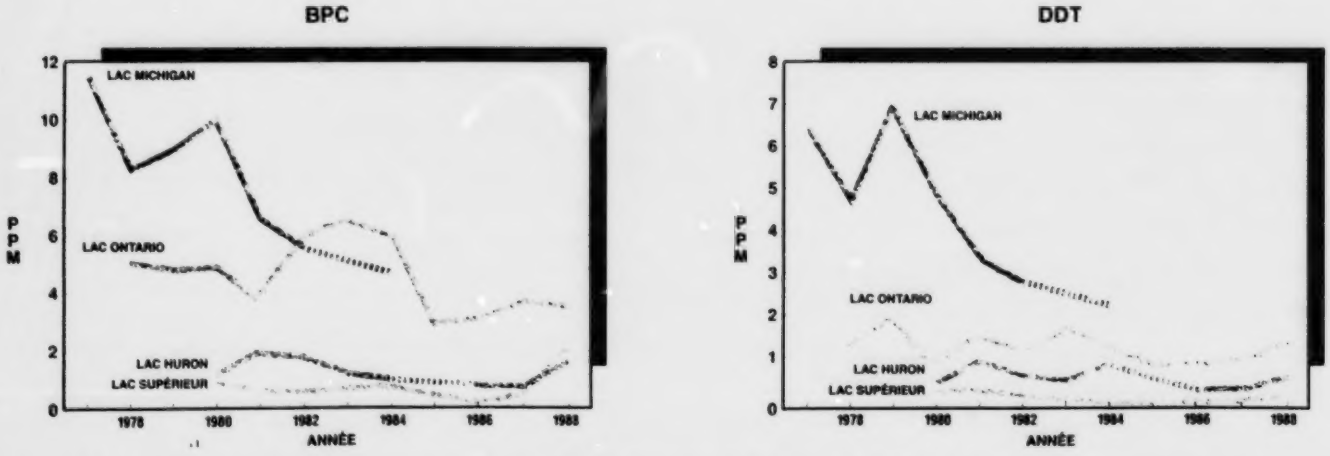
Depuis les années 1970, les niveaux de BPC et de DDT dans le touladi ont affiché une tendance à la baisse suivie d'une stabilisation dans les lacs Ontario et Michigan, la baisse la plus marquée survenant dans le lac Michigan (figure 4). Il ne semble pas exister de tendance semblable pour ces composés dans le touladi des lacs Supérieur et Huron, probablement en raison du dépôt atmosphérique.

Les objectifs spécifiques établis en vertu de l'Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs

En vertu de l'accord canado-américain relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs (ARQEGL), on a déterminé des objectifs spécifiques pour un certain nombre de substances toxiques rémanentes dans l'eau et pour les poissons entiers afin de protéger la santé des êtres humains et des oiseaux piscivores, et de préserver l'intégrité de l'écosystème. Des objectifs ont été fixés pour tous les organochlorés dont il est question dans ce rapport sauf les dioxines, les furanes, l'hexachlorobenzène et l'octachlorostyrène.

Les derniers chiffres relatifs au touladi révèlent que les concentrations de BPC dans les poissons entiers demeurent supérieures à l'objectif de l'ARQEGL, soit 0,1 partie par million (ppm) dans l'ensemble des Grands

FIGURE 4 Concentrations de contaminants dans le touladi des Grands Lacs, 1977–1988



Note : Il s'agit de concentrations moyennes annuelles en parties par million (poids humide) de BPC total et de DDT dans le touladi entier. Les poissons des lacs canadiens sont âgés de 4 ans ; les poissons du lac Michigan mesurent de 620 à 640 millimètres.
Les systèmes biologiques métabolisent le pesticide DDT en plusieurs autres composés. Le DDT total renvoie au complexe du DDT et de ses métabolites.

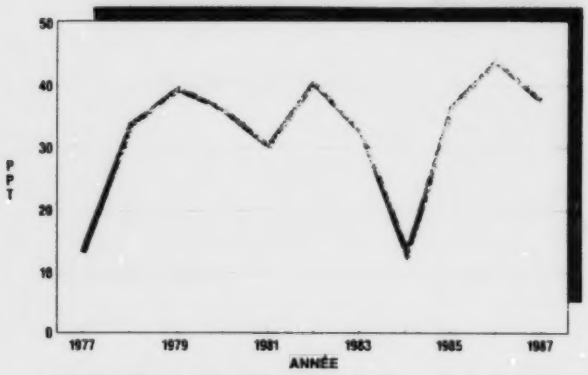
Source : Ministère des Pêches et des Océans du Canada et *Environmental Protection Agency* des États-Unis.

Étude de cas du lac Ontario

Le lac Ontario, situé en aval des autres Grands Lacs et des voies interlacustres, est touché par plusieurs sources chroniques de contamination. Par conséquent, les récents niveaux de résidus (BPC, DDE, dioxine, dieldrine, hexachlorobenzène et mirex) observés dans le touladi et dans les œufs du Goéland argenté ont peu évolué. Le bassin hydrographique de la rivière Niagara, dans lequel on a entreposé quelque 1,2 million de tonnes de matériel contaminé dans 66 grands dépotoirs au cours des 50 dernières années, constitue le plus grand apport de produits chimiques toxiques au lac. Ces emplacements laissent s'échapper, ou sont susceptibles de laisser s'échapper, des produits chimiques toxiques dans la rivière à débit rapide qui les achemine en aval vers le lac Ontario. La rivière Niagara est la principale source de dioxine trouvée dans les poissons du lac Ontario. Il n'y a aucune tendance évidente en ce qui a trait à la dioxine dans le touladi (figure 5). Les niveaux élevés de dioxine décelés dans les œufs des colonies de goélands du lac Ontario (figure 6) sont attribuables à une usine de produits chimiques située sur la rivière Niagara qui fabriquait du trichlorophénol pour la production de pesticides. Comme la dioxine (2,3,7,8-TCDD) peut se former durant la production de ce produit chimique, elle aurait pu être rejetée avec les eaux usées dans la rivière Niagara pour ensuite pénétrer dans le lac Ontario. La production de ce pesticide a cessé au milieu des années 1970, ce qui a fait chuter les niveaux observés dans les œufs de la colonie de l'île Scotch Bonnet. Les résidus mesurés au cours des années 1980 révèlent que les niveaux dans les colonies du lac Ontario demeurent substantiellement plus élevés que ceux des colonies des autres lacs. Un phénomène semblable est survenu dans la baie Saginaw du lac Huron, près de laquelle le même produit chimique était fabriqué.

Les sédiments de fond contaminés constituent une autre source permanente. En effet, le mirex pénètre toujours dans le

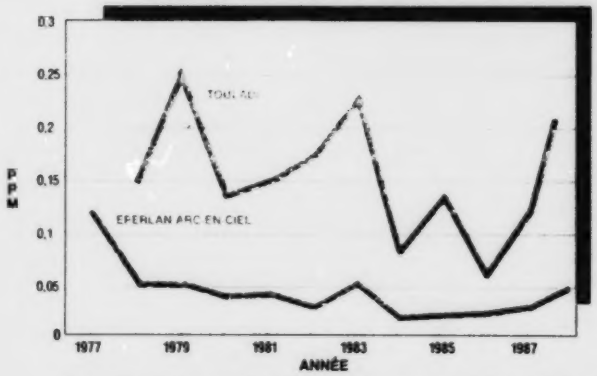
FIGURE 5 Concentrations de dioxine dans le touladi du lac Ontario, 1977–1988 (2,3,7,8-TCDD)



Concentrations moyennes du congénère le plus toxique de la dioxine (2,3,7,8-TCDD) mesurées en parties par billion, poids humide, dans le touladi entier.

Source : Ministère des Pêches et des Océans.

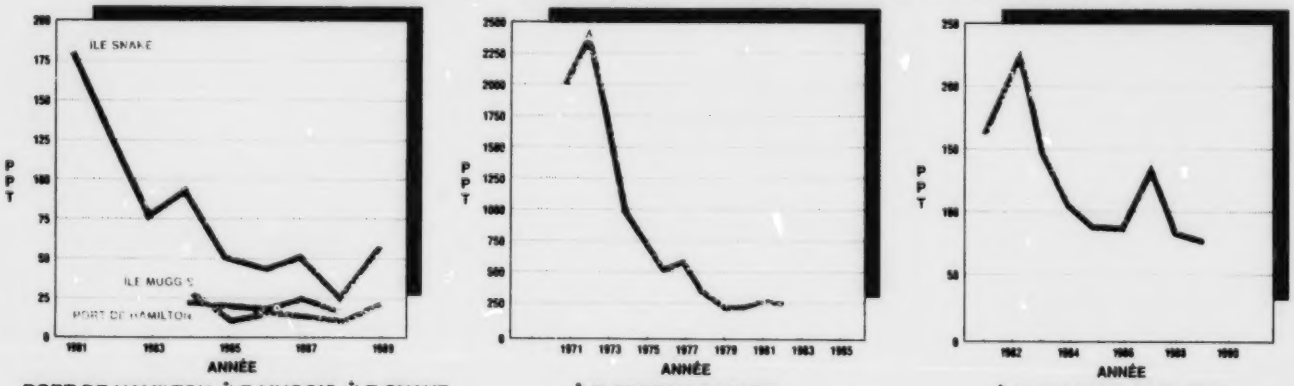
FIGURE 7 Concentrations de mirex dans les poissons du lac Ontario, 1977–1988



Concentrations moyennes de l'insecticide mirex mesurées en parties par million (poids humide) dans le poisson entier.

Source : Ministère des Pêches et des Océans.

FIGURE 6 Concentrations de dioxine (2,3,7,8-TCDD) dans les œufs de Goélands argentés



PORT DE HAMILTON, ÎLE MUGG'S, ÎLE SNAKE — ÎLE SCOTCH BONNET — ÎLE CHANNEL–SHELTER (baie Saginaw)

Concentrations moyennes mesurées en parties par billion (poids humide).
Les îles Scotch Bonnet et Snake sont situées à l'extrémité est du lac Ontario; l'île Mugg's est située près de Toronto.

Source : Service canadien de la faune, Environnement Canada.

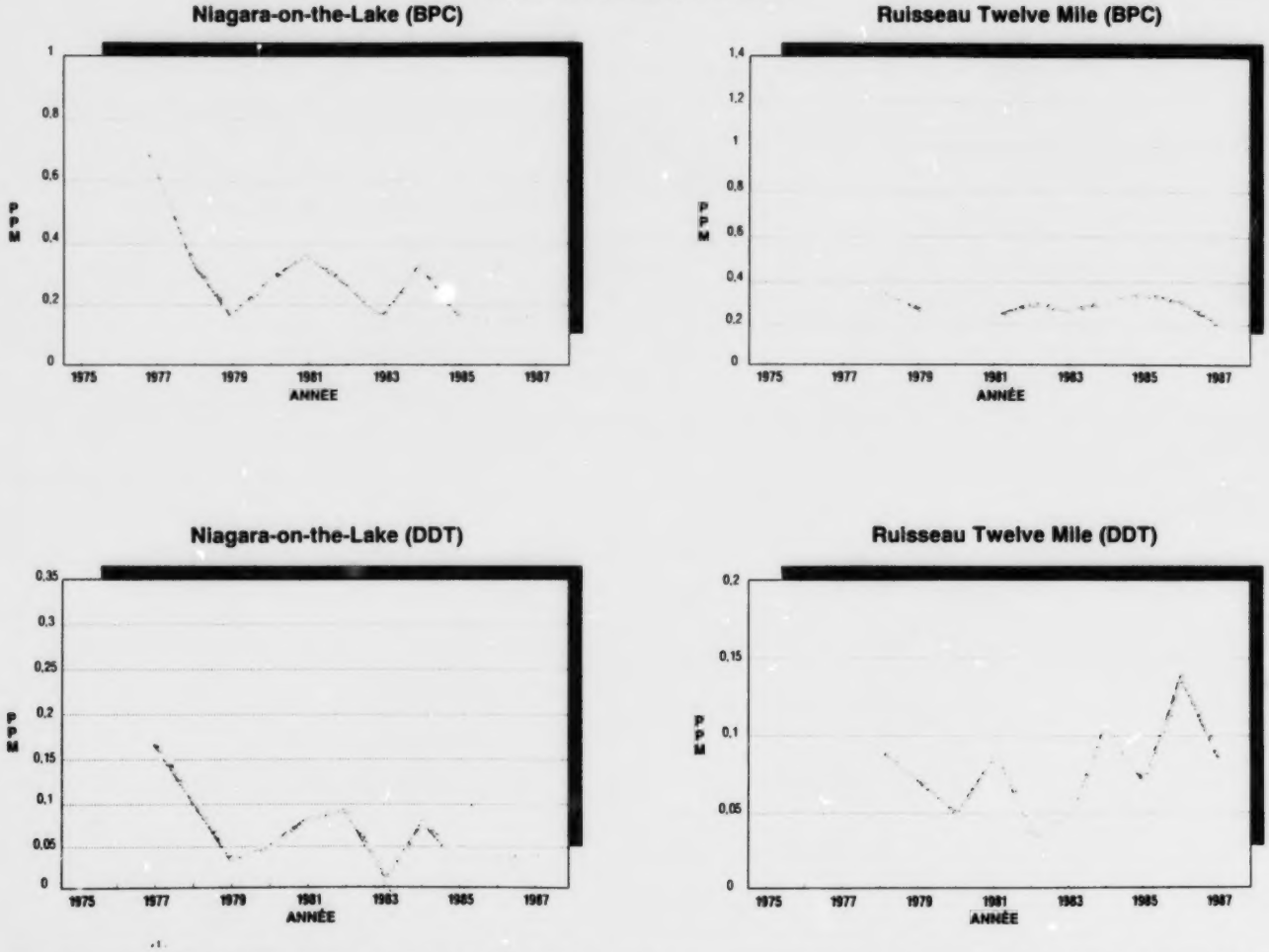
réseau trophique en raison de la remise en suspension des sédiments, et ce, malgré l'arrêt de sa fabrication en 1976. Les sédiments demeurent la cause première du mirex décelé dans les poissons du lac Ontario, bien que les niveaux aient baissé depuis la fin des années 1970 (figure 7). Les œufs de Goélands argentés du lac Ontario présentent aussi des niveaux de mirex dix fois plus élevés que ceux des autres lacs. La remise en suspension des sédiments explique également le maintien des niveaux d'autres pesticides organochlorés dans le réseau trophique du lac Ontario, même si leur fabrication et leur utilisation ont été restreintes ou interdites au cours des années 1970.

Les dépôts atmosphériques contribuent à la contamination des poissons. Par exemple, les pesticides épandus sur les récoltes par pulvérisation aérienne peuvent demeurer dans l'atmosphère pendant plusieurs jours. Le toxaphène, un pesticide organochloré très peu utilisé après 1970 au Canada — sa dernière utilisation en Ontario remonte à 1980 — persiste dans le touladi parce qu'il est transporté dans l'atmosphère à partir des États du sud des États-Unis, où de grandes quantités ont été épandues sur les cultures de coton. Malgré les rares données disponibles sur ce produit chimique, les niveaux ont diminué sensiblement depuis l'interdiction, en 1982, de sa fabrication aux États-Unis.

On soupçonne que les produits chimiques épandus antérieurement sur les récoltes puissent être toujours présents dans les sols agricoles. La volatilisation à partir de ces sols est une autre voie d'entrée de ces produits chimiques dans l'écosystème.

En dernier lieu, les effluents actuels des villes, des campagnes et des industries apportent des BPC, des pesticides organochlorés et des métaux toxiques au lac. Les mesures effectuées sur des queues à taches noires de l'année nous donnent une idée de la répartition de ces sources du côté canadien du lac. La figure 8 présente quelques exemples à ce sujet.

FIGURE 8 Résidus de BPC et de DDT dans les queues à tache noire prélevées à divers endroits dans le lac Ontario, 1975–1987



Résidus moyens de BPC et de DDT mesurés en parties par million (poids humide) dans les queues à tache noire de l'année du lac Ontario prélevés à Niagara-on-the-Lake et dans le ruisseau Twelve Mile.

Source : Ministère de l'Environnement de l'Ontario.

Lacs et des voies interlacustres, y compris le Saint-Laurent. Les niveaux de DDT/DDE dans le touladi sont inférieurs à l'objectif de 1 ppm dans tous les lacs sauf les lacs Ontario et Michigan. L'objectif de l'ARQEGL pour le mirex est que celui-ci soit «essentiellement absent» dans l'eau ou le poisson ; on continue cependant d'en trouver dans les queues à taches noires, les touladis et les éperlans arc-en-ciel du lac Ontario. Des résidus de mirex ont aussi été décelés dans les queues à taches noires prélevées au début des années 1980 dans la rivière Niagara et le fleuve Saint-Laurent. Les concentrations de mercure dans le doré du lac Sainte-Claire sont récemment tombées en-deçà de l'objectif de 0,5 ppm; toutefois, les niveaux dans le doré du fleuve Saint-Laurent prélevé dans le lac Saint-François dépassent toujours l'objectif.

De façon globale, les concentrations de substances toxiques rémanentes dans les touladis des lacs Érié, Huron et Supérieur satisfont aux objectifs de l'ARQEGL pour tous les composés (pour lesquels des objectifs ont été fixés), sauf les BPC.

La faune

Certaines espèces d'oiseaux, notamment le Pygargue à tête blanche, le Balbuzard et la plupart des oiseaux qui nichent en colonies, ainsi que les mammifères aquatiques et les tortues de l'écosystème des Grands Lacs se nourrissent principalement de poisson. En raison de la bioaccumulation et de la bioamplification, ces prédateurs du sommet du réseau trophique, dont la vie est

TABLEAU 5
Concentrations de contaminants organochlorés dans les œufs du Goéland argenté[1] des colonies des Grands Lacs, 1989

	CONTAMINANT[2]						
	Congénères du BPC[3]	DDE	MIREX	HCB	DIELDRINE	DIOXINE	% Lipides[4]
Lac Ontario							
Île Snake	14	5,2	1,1	0,07	0,14	91	8,6
Île Mugg's	16	5,3	1,2	0,06	0,12	55	8,6
Rivière Niagara							
Île en amont des chutes	9	2,1	0,24	0,04	0,13	18	8,4
Lac Érié							
Port Colborne	17	3,1	0,33	0,05	0,23	19	10
Île Middle	21	2,3	0,03	0,05	0,11	16	8,8
Rivière Detroit							
Île Fighting	27	2,2	0,04	0,05	0,06	13	7,5
Lac Huron							
Île Chantry	3,1	0,77	0,05	0,03	0,15	12	8,7
Île Double	7,1	2,4	0,14	0,04	0,25	18	8,8
Île Channel-Shelter	28	7,0	0,09	0,08	0,15	78	8,2
Lac Supérieur							
Île Granite	7,2	2,4	0,05	0,06	0,34	16	7,6
Rocher Agawa	6,8	2,6	0,09	0,04	0,33	19	7,5
Lac Michigan							
Île Big Sister	9,9	4,7	0,03	0,04	0,58	10	8,7
Île Gull	9,4	5,0	0,04	0,05	0,53	11	8,8

1. Les données sont des valeurs moyennes fondées sur des analyses individuelles d'un échantillon de 10 œufs par colonie.
2. Toutes les valeurs sont présentées en parties par million, sauf dans le cas de la dioxine (2,3,7,8-TCDD) qui est présentée en parties par billion.
3. Les mélanges de BPC contiennent jusqu'à 209 congénères. Par «congénères du BPC», on entend les 41 différents congénères du BPC analysés séparément. Cette méthode donne une mesure plus précise, et les chercheurs peuvent s'en servir pour relever la présence des congénères les plus toxiques.
4. Le pourcentage de lipides dans chaque œuf sert à normaliser les concentrations de ces contaminants lipophiles.

Source : Service canadien de la faune, Environnement Canada.

relativement longue, affichent les niveaux les plus élevés de produits chimiques organochlorés dans leurs tissus.

Le Goéland argenté

Le Goéland argenté a été choisi comme principale espèce témoin en ce qui a trait aux niveaux de contaminants dans l'écosystème des Grands Lacs.

Depuis 1974, on prélève chaque année des œufs dans les colonies de Goélands argentés afin d'évaluer leur teneur en résidus de composés organochlorés. Il est probable que les niveaux les plus élevés de contamination aux organochlorés dans les oiseaux aquatiques des Grands Lacs soient survenus avant le début du programme. À l'exception de la dieldrine, un pesticide, les résidus d'organochlorés dans les œufs de Goélands argentés ont diminué à partir de 1974 jusqu'au début des années 1980. Depuis lors, les niveaux sont demeurés essentiellement constants, une tendance observée aussi dans le cas du touladi, ce qui n'étonne pas puisque les deux consomment de l'éperlan et du gaspareau. La figure 9 présente ce phénomène en rapport avec le DDE dans huit colonies de Goélands argentés des Grands Lacs.

Les œufs provenant des autres espèces d'oiseaux n'ont pas été prélevés de façon aussi systématique que ceux du Goéland argenté. Des données partielles sur le Cormoran à aigrettes, le Bihoreau à couronne noire et la Sterne caspienne laissent aussi croire à une diminution générale des niveaux de résidus d'organochlorés dans les œufs prélevés entre 1971 et 1989.

Le tableau 5 montre les niveaux de contaminants dans les 13 colonies de Goélands argentés en 1989. Les résultats des analyses des œufs révèlent qu'un certain nombre d'organochlorés sont répartis dans l'ensemble du bassin. Les œufs provenant des colonies de la baie Saginaw (lac Huron), de la rivière Detroit et du lac Érié présentent les niveaux les plus élevés de BPC. Les œufs du lac Ontario et de la baie Saginaw contiennent le plus de résidus de dioxine. Les niveaux de dioxine (10–20 parties par billion [ppt]) dans les œufs des autres colonies du bassin demeurent stables en raison du dépôt atmosphérique. La combustion est la source la plus probable de ces «niveaux de fond». La baisse des niveaux de pesticides observée au cours des années 1970 découle surtout de la limitation de leur utilisation en Ontario et dans les États américains du bassin des Grands Lacs. De 1969 à 1974, l'utilisation du DDT, de l'aldrine, de la dieldrine et de l'hexachlorobenzène a été restreinte de façon radicale. En 1976, on a mis un terme au rejet de mirex par les usines de production et de distribution situées respectivement sur les rivières Niagara et Oswego, en restreignant l'utilisation commerciale de ce produit chimique. En 1977, on a adopté les premiers règlements limitant l'utilisation et la fabrication de BPC.

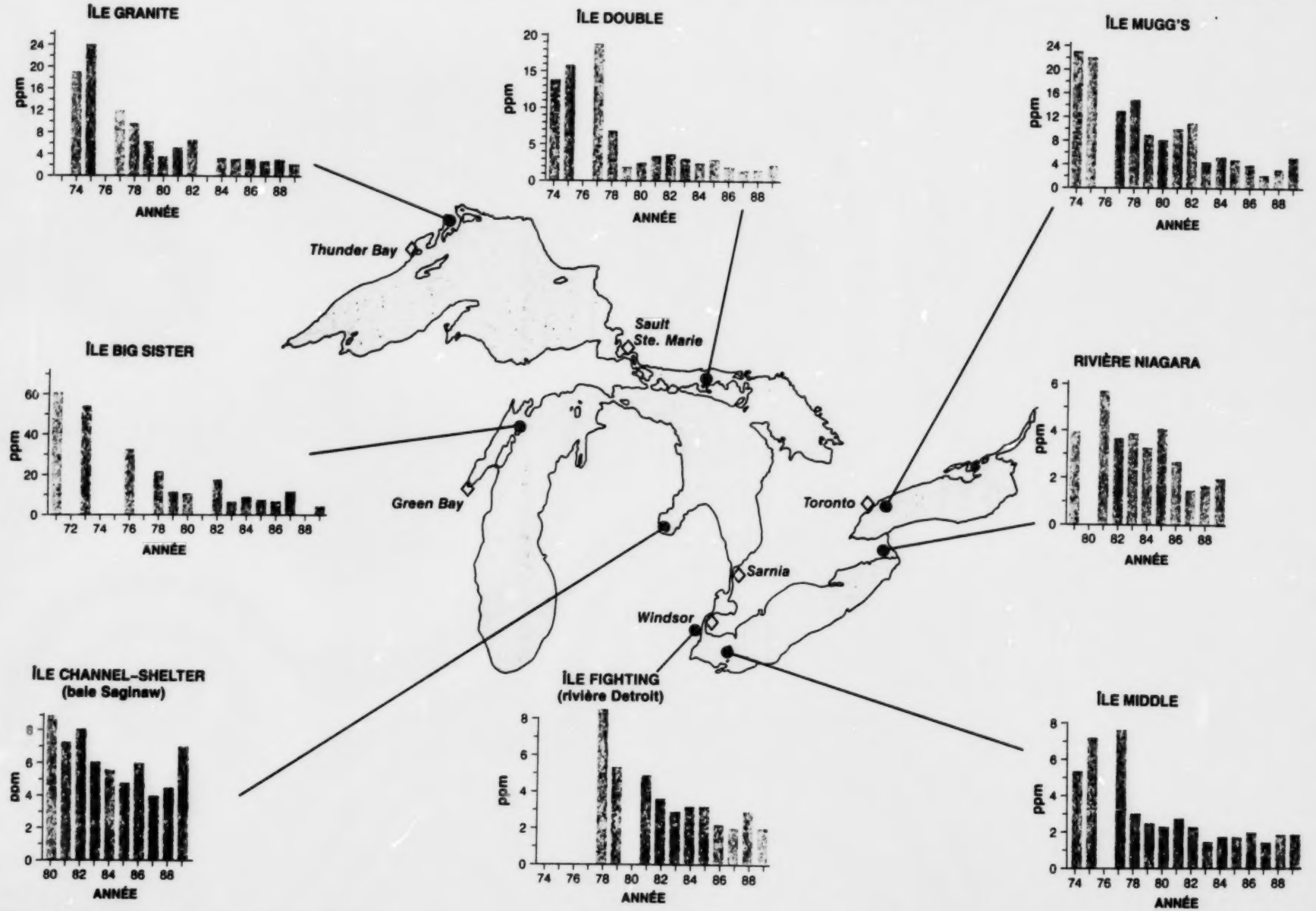
Les niveaux de contaminants dans les œufs de Goélands argentés demeureront probablement constants jusque vers la fin des années 1990. La stabilisation de la tendance à la baisse des concentrations de produits chimiques organochlorés observée au cours des années 1980 dépend des dépôts atmosphériques ininterrompus provenant de sources souvent situées à l'extérieur du bassin, de la remise en suspension de sédiments, d'infiltrations des dépotoirs de déchets dangereux et d'autres sources de rejet direct de produits chimiques toxiques.

Critères pour la consommation de poisson

La bioamplification des contaminants à mesure que l'on remonte le réseau trophique peut rendre les poissons impropres à la consommation humaine ou animale. Il existe un rapport direct entre le contenu en lipides (graisses) d'une espèce de poisson et la concentration de contaminants organochlorés dans ses tissus. Le saumon, le touladi, la carpe et la barbotte contiennent des niveaux relativement plus élevés de contaminants organochlorés que les espèces moins grasses telles que le doré, le grand brochet et la perchaude. Plus un poisson est âgé, plus il aura été exposé aux contaminants (on trouve couramment des poissons de huit ans dans le lac Ontario). De plus, le contenu en lipides d'un poisson augmente avec l'âge. Par conséquent, les concentrations de contaminants organochlorés présents dans un poisson sont fonction de son âge et du contenu en lipides de ses tissus.

Dans le cadre de son Programme de surveillance de la contamination du poisson gibier, le gouvernement de l'Ontario prélève, depuis 1976, des poissons pour en analyser la teneur en contaminants toxiques. Les analyses de laboratoire portent sur des échantillons de tissus du muscle dorsal maigre, sans peau. Les huit États des Grands Lacs exécutent des programmes semblables, mais certains d'entre eux conservent toutefois la peau pour l'analyse des tissus. L'Ontario publie un résumé annuel de ces données sous forme de diagramme à l'intention des pêcheurs sportifs dans son *Guide pour la consommation du poisson gibier de l'Ontario*. Chaque année, on choisit en alternance diverses espèces de poissons provenant d'un vaste échantillon d'emplacements en Ontario. L'édition de 1990 énumère près de 200 emplacements dans les Grands Lacs pour lesquels on donne des conseils sur la consommation, selon l'espèce et sa longueur. Le Guide présente des recommandations plus rigoureuses pour les enfants et les femmes en âge de procréer. Dans le cadre du Programme, on échantillonne quelques emplacements chaque année. Les figures 10 et 11 présentent les concentrations de BPC et de mercure mesurées sur 20 ans dans les filets de saumon coho du lac Ontario et de doré du lac Sainte-Claire.

FIGURE 9 Tendances des concentrations de DDE dans les œufs du Goéland argenté des Grands Lacs



Source : Service canadien de la faune, Environnement Canada.

Note : L'échelle diffère selon le graphique.

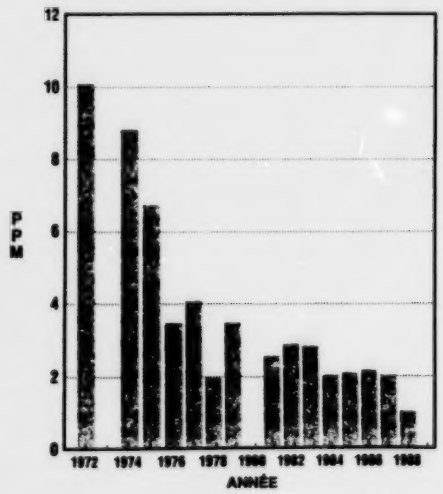
Les poissons plus âgés présentent des concentrations plus élevées de ces contaminants, bien que les plus récentes concentrations «moyennes» soient légèrement inférieures aux normes sur ces substances toxiques persistantes. La figure 12a) montre la relation entre la longueur du poisson et les concentrations de BPC trouvées dans quatre espèces de salmonidés de la rivière Credit, laquelle se jette dans le lac Ontario. L'âge du poisson explique la variation dans les niveaux de contaminants. Les touladis, dont le taux de croissance est plus lent que celui des autres espèces, ont par conséquent été exposés depuis plus longtemps que les autres espèces de la même longueur. La figure 12b) montre que le saumon quinnat provenant du lac Ontario contient des concentrations de BPC plus élevées que celles mesurées dans les poissons de la même longueur prélevés à d'autres endroits dans les Grands Lacs.

Le tableau 6 présente les critères de consommation de poisson élaborés en 1960 par les responsables de la santé des gouvernements canadien et américain à l'intention des consommateurs de poisson. Au Canada, le programme d'inspection des poissons du ministère des Pêches et des Océans garantit que les niveaux de contaminants dans les poissons capturés par les pêcheurs commerciaux des Grands Lacs et traités dans les installations agréées satisfont aux normes de Santé et Bien-être social Canada.

Le filet de poisson sert de base au calcul de l'ingestion de contaminants par une personne. Au Canada, les avis relatifs à la consommation de poisson sont mis au point en déterminant d'abord la dose journalière admissible (DJA) ou la quantité d'un produit chimique qui peut être consommée chaque jour, durant toute sa vie, avec l'assurance raisonnable de ne pas mettre sa santé en jeu. La DJA est fondée sur toutes les données disponibles en matière de toxicologie humaine et animale ainsi que sur l'application de facteurs de sécurité. L'étape suivante consiste à établir la dose journalière probable (DJP) du contaminant chimique. La DJP est fondée sur l'exposition d'une personne à un produit chimique donné, en provenance de toutes sources. Tous les aliments qui peuvent contenir cette substance sont repérés et ceux qui risquent de renfermer davantage de ce contaminant (par exemple, le poisson) sont évalués avec soin. La DJP tient compte des taux de consommation moyens et élevés; elle considère aussi l'exposition éventuelle de sous-groupes plus sensibles au sein de la population (tels que les enfants ou les personnes âgées). Une ligne directrice sur la consommation de poisson peut être envisagée si la DJP d'un produit chimique dépasse la dose journalière acceptable.

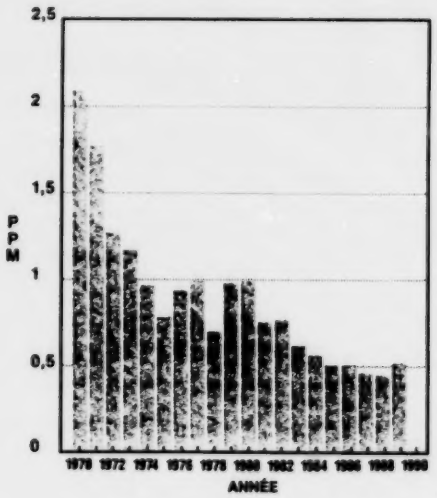
Les lignes directrices sur la consommation de poisson incorporent des facteurs de sécurité, en raison des incertitudes au niveau du rapport entre l'exposition et les

FIGURE 10 Concentrations moyennes de BPC dans le saumon coho du lac Ontario, prélevé dans la rivière Credit, 1972–1988



Source : Ministère de l'Environnement de l'Ontario.
Aucune donnée recueillie en 1973 et 1980.

FIGURE 11 Concentrations moyennes de mercure dans le doré prélevé dans le lac Sainte-Claire, 1970–1989



Source : Ministère de l'Environnement de l'Ontario.

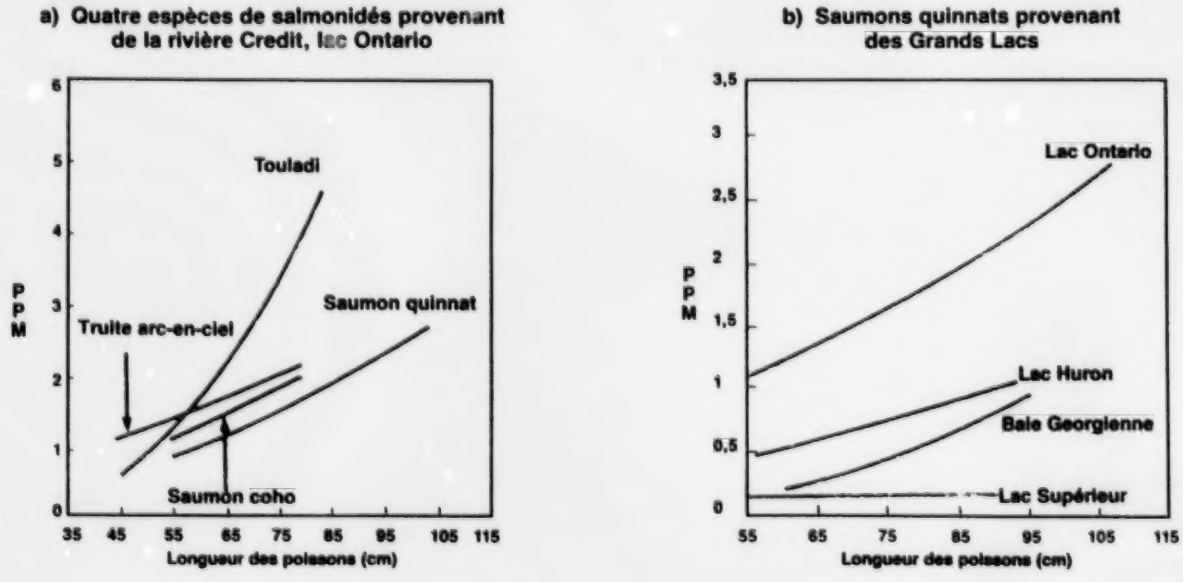
Note : Les données des figures 10 et 11 proviennent du Programme de surveillance de la contamination du poisson gibier et permettent d'évaluer la tendance globale dans les niveaux de contaminants. Les chiffres présentent la concentration moyenne de contaminants dans les poissons de divers âges; ils ne devraient pas servir à établir des comparaisons d'une année à l'autre.

effets. Les divers gouvernements des Grands Lacs fixent des niveaux différents pour la consommation de poisson, ce qui a été source de confusion. À la suite de demandes de clarification de la part de la population, les États américains s'attachent actuellement à normaliser les lignes directrices sur la consommation de poisson.

Compte tenu des niveaux de contaminants observés, l'échantillonnage de poissons se fait au moins tous les trois ans à chacun des endroits en Ontario. Même s'il ne s'agit pas là d'une mesure statistiquement rigoureuse, la présence ou l'absence d'un avis concernant l'ensemble d'un lac est révélatrice. Le pourcentage de lieux d'échantillonnage sur les lacs Ontario et Supérieur faisant l'objet d'avis relatifs à la consommation de touladi est demeuré constant depuis 1983; on a cependant constaté une baisse du pourcentage dans le cas du lac Huron. En 1989, des avis sur la consommation du touladi et du saumon quinnat ont été émis pour l'ensemble des lieux d'échantillonnage du lac Ontario. Tous les poissons énumérés ci-dessus ont une forte teneur en graisses et sont des prédateurs du sommet du réseau trophique. Sur le lac Supérieur, tous les lieux d'échantillonnage du siscowet, une sous-espèce du touladi, et du doré faisaient l'objet d'avis, nombre de ceux-ci concernant le mercure qui s'avère un contaminant naturel de ce réseau hydrographique. Dans le cas de la perchaude, le pourcentage d'endroits soumis à des avis est moindre sur tous les lacs, mais en baisse seulement sur les lacs Érié et Ontario. La perchaude a une teneur en graisses moins élevée et se situe plus bas que le touladi dans le réseau trophique.

En 1985, plus de 4 millions de personnes se sont adonnées à la pêche dans le bassin des Grands Lacs. La valeur économique de cette pêche sportive est évaluée à 4 milliards de dollars.

FIGURE 12 Concentrations de BPC dans les poissons gibiers de diverses longueurs prélevés dans les Grands Lacs



Note : Ces représentations simplifiées veulent montrer que les concentrations de produits chimiques dans les poissons varient d'une espèce et d'un endroit à l'autre. Comme dans le cas de la figure précédente, les chiffres ne devraient pas être utilisés pour établir des comparaisons individuelles.

Source : Ministère de l'Environnement de l'Ontario.

Un inventaire des effets

Nous avons déjà présenté dans ce chapitre des renseignements indiquant que divers produits chimiques organochlorés se sont accumulés dans le plancton, le poisson et les œufs des oiseaux composant le réseau trophique des Grands Lacs. Certes, on connaît bien les tendances des produits chimiques toxiques persistants et leur répartition dans le bassin des Grands Lacs, mais les recherches tentent toujours d'établir la pleine signification biologique de leur présence dans l'écosystème.

À ce jour, on a publié des données scientifiques confirmant que 11 espèces fauniques, toutes des prédateurs du sommet du réseau trophique, ont connu, depuis les années 1960, un déclin de leur population, des troubles de reproduction ou d'autres problèmes physiologiques reliés aux substances toxiques persistantes (ou les trois).

On trouvera un résumé de ces effets au tableau 7. Il existe aussi des données inédites sur les effets qu'auraient subis plusieurs autres espèces aquatiques (le Balbuzard, le Grand Héron et le Râle de Virginie). Il est encourageant de constater que, pour l'ensemble des lacs, la majorité des espèces d'oiseaux ont connu une amélioration de leur capacité reproductrice. Les exceptions sont le Pygargue à tête blanche ainsi que la Sterne pierregarin et la Sterne de Forster. Les biologistes travaillant sur le terrain observent toujours les manifestations de toxicité dans le développement des espèces des lacs Michigan, Supérieur, Huron et Ontario. Ces difficultés sont plus marquées dans les secteurs fortement contaminés tels que la baie Green, dans le lac Michigan, la baie Saginaw, dans le lac Huron, et le port de Hamilton, dans le lac Ontario.

TABLEAU 6
Critères de consommation du poisson[1]
(ppm, poids humide sauf pour la dioxine, ppt, poids humide)

Paramètre	Accord relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs Objectif spécifique[2]	Santé et Bien-être social Canada Limite réglementaire[3]	FDA des É.-U. Niveau d'action[4]	Guide pour la consommation du poisson gibier de l'Ontario
Aldrine/Dieldrine	0,3	0,1	0,3	—
DDT (total)	1,0[6]	5,0	5,0	5,0
Dioxine (2,3,7,8-TCDD)	—	20 (ppt)	25[7] (ppt)	20 (ppt)
Endrine	0,3	0,1	0,3	—
Heptachlore/époxyde d'heptachlore	0,3	0,1	0,3	—
Hexachlorobenzène (HCB)	—	0,1	0,3	—
Képone	—	0,1	0,3	—
Plomb	—	—	—	1,0
Lindane	0,3	0,1	0,3	—
Mercure	0,5[6]	0,5	1,0	0,5[8]
Mirex	Essentiellement absent[6]	0,1	0,1	0,1
BPC	0,1[6]	2,0	2,0	2,0
Toxaphène	—	0,1	5,0	—

1. Critères fondés sur l'analyse d'un filet, sans peau, sauf indication contraire.
2. Fondé sur l'espèce la plus sensible, ce qui explique les valeurs inférieures pour certains composés.
3. Les limites réglementaires de SBSC ne visent que les poissons vendus dans le commerce. La province d'Ontario les applique comme des lignes directrices à la consommation de poisson gibier.
4. Niveau d'action de la *Food and Drug Administration* (FDA) des États-Unis fondé sur le filet avec la peau.
5. Les lignes directrices de l'Ontario portent sur une limitation de la fréquence de consommation du poisson : si le niveau d'un contaminant dans un filet dorsal sans peau est inférieur à la ligne directrice, on n'impose aucune limite à la consommation ; si le niveau dépasse la ligne directrice, on recommande de limiter la fréquence de consommation. Dans le cas des femmes en âge de procréer et des enfants de moins de 15 ans, les restrictions s'appliquent en deçà des niveaux établis par la ligne directrice et l'on recommande de ne pas consommer de poisson du tout lorsque le niveau dépasse la ligne directrice.
6. Critères fondés sur le poisson entier.
7. Aucune consommation lorsque les niveaux de TCDD dépassent 50 ppt.
8. Aucune consommation n'est recommandée si le niveau de mercure dépasse 1,5 ppm.
Certaines études ont révélé que la réduction de gras dans la chair du poisson peut diminuer la quantité de contaminants liposolubles dans les portions de poisson consommées. Les graisses dans la chair du poisson peuvent être réduites en enlevant la graisse apparente, en perçant ou en enlevant la peau avant la cuisson, en utilisant une méthode qui permet aux graisses de s'écouler (par exemple, la cuisson au four ou sur le gril), ou en recourant à la friture. Ces méthodes ne réduisent pas le contenu en mercure de la chair de poisson puisque ce produit chimique se trouve surtout dans les muscles (le filet).

FIGURE 13 Malformations congénitales signalées dans la progéniture des oiseaux piscivores des Grands Lacs, 1971–1985

Lieu	Période	Nombre d'espèces	Nombre d'individus
Lac Supérieur			
1. Rive Nord	1971-1975	1	1
	1976-1980	1	1
Lac Michigan			
2. Baie Green	1971-1975	3	3
	1976-1980	3	3
	1981-1985	4	53
3. Région du détroit de Mackinac	1976-1980	1	1
Lac Huron			
4. Chenal North	1976-1980	1	1
	1981-1985	3	3
5. Baie Georgienne	1976-1980	2	2
	1981-1985	1	2
6. Baie Thunder	1971-1975	2	6
7. Bassin central	1976-1980	1	1
Lac Érié			
8. Rivière Detroit/Bassin de l'Ouest	1971-1975	1	1
	1976-1980	1	1
9. Bassin de l'Est	1971-1975	1	2
Lac Ontario			
10. Bassin de l'Ouest	1971-1975	1	8
11. Baie de Quinte	1971-1975	3	5
	1976-1980	4	3
	1981-1985	1	1

Voir le tableau 7 pour la liste des espèces d'oiseaux affectées.

Source : Service canadien de la faune, Environnement Canada.

Les difformités

Les malformations congénitales fournissent des preuves évidentes que les oisillons et les jeunes tortues connaissent des problèmes de développement. Les biologistes travaillant sur le terrain ont remarqué que les malformations congénitales sont rares dans des populations fauniques saines. Au cours des 20 dernières années, on a rapporté des malformations congénitales chez dix espèces d'oiseaux piscivores des Grands Lacs (figure 13). Si l'on devait mesurer systématiquement les malformations, leur présence et leur prévalence pourraient servir d'indicateurs de niveaux significatifs, sur le plan biologique, de toxines nuisibles au développement dans le réseau trophique.

Les malformations rapportées surviennent dans des endroits fortement contaminés par les BPC et d'autres composés organochlorés. On trouve aux endroits suivants des concentrations de malformations congénitales qui touchent plusieurs espèces:

1. Dans le lac Ontario, on a surtout constaté des malformations au début des années 1970 dans six espèces qui s'y reproduisent.
2. Dans le lac Huron, on a observé des difformités dans le chenal North, dans la baie Georgienne et au large du comté d'Alpena, au Michigan.

Effets des produits chimiques toxiques sur les organismes

Les produits chimiques toxiques modifient les fonctions biochimiques et physiologiques normales des animaux et des plantes. Les effets peuvent survenir au niveau *moléculaire* (par exemple, l'activité enzymatique et le dommage à l'ADN), au niveau *cellulaire* (par exemple, la formation de tumeurs), au niveau *tissulaire* (par exemple, l'amincissement des coquilles d'œuf et la fonction des organes), au niveau *individuel* (par exemple, le comportement et l'aptitude à la survie), au niveau de la *population* (par exemple, la mortalité, l'abondance et la distribution) et au niveau de la *communauté* (par exemple, le nombre d'espèces et leurs interactions). Ces niveaux ne sont pas indépendants les uns des autres. Par exemple, lorsque les biologistes travaillant sur le terrain ont observé le déclin des *populations* d'oiseaux au cours des années 1960 et 1970, ils ont aussi noté des problèmes de reproduction chez les *individus* et l'amincissement des coquilles d'œuf de certaines espèces d'oiseaux piscivores. Les enquêtes menées aux niveaux *cellulaire* et *moléculaire* ont établi un rapport de cause à effet entre le DDT/DDE, un pesticide organochloré persistant, et le processus de formation des coquilles d'œuf. Ces travaux ont été réalisés tant en laboratoire que sur le terrain.

TABLEAU 7
Espèces de poissons et d'animaux affectées par les contaminants des Grands Lacs

Espèce	Déclin de la population	Problème de reproduction	Amincissement des coquilles d'œufs	Malformations congénitales[1]	Modification du comportement	Modification biochimique	Mortalité	Modification du recrutement
Vison	X	X	s.o.	n.e.	n.e.	n.e.	X	?
Loutre	X		s.o.	n.e.	n.e.	n.e.	?	?
Cormoran à aigrettes	X	X	X	(X)		X	?	?
Bihoreau à couronne noire	X	X	X	X		X	?	?
Pygargue à tête blanche	X	X	X	n.e.		n.e.	n.e.	?
Goéland argenté		X	X	X	X	X	X	
Goéland à bec cerclé				X		n.e.	X	
Sterne caspienne		X		X	n.e.	n.e.		X
Sterne pierregarin		X	X	X		X		
Sterne de Forster		X		X	X	X		
Chélydre serpentine	n.e.	X	s.o.	X	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.
Touladi		X	s.o.			X		
Barbotte brune			s.o.			X		
Meunier noir			s.o.	X		X		

X = effets documentés
n.e. = non examiné
s.o. = sans objet
? = effet présumé en raison du déclin de la population

1. On possède des données inédites sur les malformations congénitales évidentes chez le Cormoran à aigrettes, le Grand Héron et le Râle de Virginie.

3. Dans le lac Michigan, on a relevé des difformités dans plusieurs espèces et un taux remarquablement élevé de difformités du bec chez les jeunes cormorans au cours des années 1980.

Une étude des Sternes de Forster de la baie Green n'a pas permis d'établir que les maladies infectieuses pourraient expliquer le faible taux de survie des embryons, les malformations congénitales chez les oisillons ou les anormalités physiologiques. On a donc conclu que les produits chimiques organochlorés étaient en cause.

Les tumeurs chez le poisson

De 1967 à 1972, une étude réalisée sur le terrain au sujet de 17 espèces de poissons a permis de conclure que la fréquence accrue de tumeurs dans la rivière Fox, en Illinois, était liée au niveau de pollution chimique. En 1982, des tumeurs du foie chez les barbottes brunes ont été associées aux niveaux élevés de HAP carcinogènes se trouvant dans les sédiments de fond de la rivière Black, comprise dans le bassin hydrographique du lac Érié. Cette contamination provenait de rejets d'usines d'acier et de coke de la région. La barbotte brune sert maintenant, dans l'ensemble du bassin, d'indicateur de la présence de produits chimiques carcinogènes le long du littoral et dans les voies interlacustres.

On a constaté des tumeurs du foie chez les meuniers noirs des lieux échantillonnés de 1985 à 1987 dans la partie ouest du lac Ontario. La présence de tumeurs chez les poissons de régions aussi circonscrites laisse fortement supposer la présence d'une cause chimique, surtout lorsqu'on sait que ce type de tumeur est souvent associé à l'exposition aux produits chimiques. La figure 14 présente la fréquence de tumeurs du foie chez la barbotte brune et le meunier noir. Compte tenu du grand nombre de contaminants présents dans les Grands Lacs, il serait difficile d'établir un rapport entre la carcinogenèse et un produit chimique précis. Malgré les difficultés de «prouver» que l'exposition à tel ou tel produit chimique dans les Grands Lacs est responsable des tumeurs dans le poisson, les preuves circonstancielles sont accablantes. Lors de tests en laboratoire, des produits chimiques reconnus pour leur cancérogénécité ont causé des tumeurs du foie chez les poissons, et des échantillons de sédiments provenant de rivières ont eux aussi provoqué des tumeurs. Dans l'environnement des Grands Lacs, la fréquence de tumeurs atteint son niveau le plus élevé aux endroits contaminés par des produits chimiques carcinogènes; on a constaté lors des analyses de poissons que ceux-ci métabolisent des produits chimiques tels que le B[a]P en produits carcinogènes. On peut donc conclure que les procédés observés en laboratoire ont effectivement cours dans l'environnement.

Les tests biochimiques

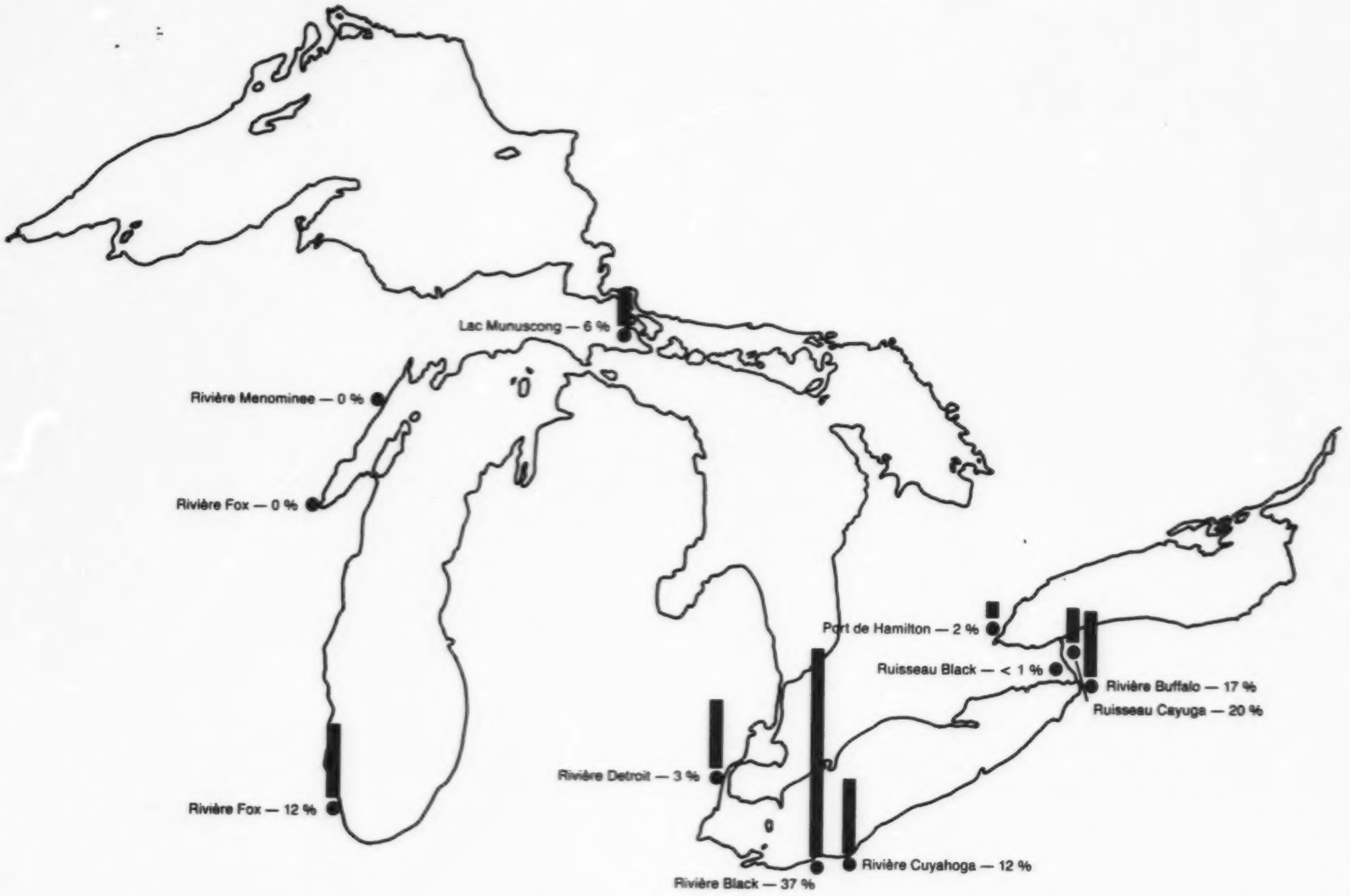
Les spécialistes de la toxicologie des poissons et de la faune ont mis au point une technique pour déceler les changements provoqués dans les cellules à la suite d'une exposition aux produits chimiques présents dans l'environnement. Il s'agit des «marqueurs biologiques». Si un fonctionnement physiologique normal témoigne d'un environnement sain, cette approche révélera à l'enquêteur si l'environnement est propice ou non à l'espèce en cause. Le Goéland argenté, le cormoran et la sterne sont actuellement les oiseaux des Grands Lacs qui se prêtent le mieux à ce type de test. On a utilisé les changements dans la fonction thyroïdienne, l'activité des enzymes hépatiques participant à la détoxication, la synthèse du hème dans le foie et l'entreposage de la rétinole (vitamine A). Dans les poissons, deux enzymes (l'hydroxylase et la déshydratase d'acide aminolévulique), qu'on trouve dans toutes les espèces, servent à évaluer l'état de santé.

Équivalents de la dioxine

Le terme «dioxine» renvoie à un groupe de 75 composés de structure semblable, connus sous le nom de «congénères». Le congénère le plus toxique de la dioxine, le 2,3,7,8-TCDD, active les systèmes enzymatiques associés à la détoxication de produits chimiques dans le foie des rats de laboratoire. On a établi une forte corrélation entre l'induction de l'un de ces systèmes enzymatiques et la diminution du poids, le fonctionnement anormal de la glande thyroïde, des changements du système immunitaire et des difformités chez des animaux de laboratoire.

Poids pour poids, le 2,3,7,8-TCDD est le plus puissant inducteur d'activité des enzymes hépatiques. Dans l'algèbre des équivalents de la dioxine, on lui assigne la valeur 1. Les valeurs des BPC, des furanes et des autres congénères de la dioxine sont déterminées en fonction de leur potentiel toxique par rapport au 2,3,7,8-TCDD. L'analyse des œufs de Sterne caspienne et de Cormoran à aigrettes des Grands Lacs a permis d'établir une corrélation directe entre les équivalents de la dioxine et les niveaux de mortalité des embryons.

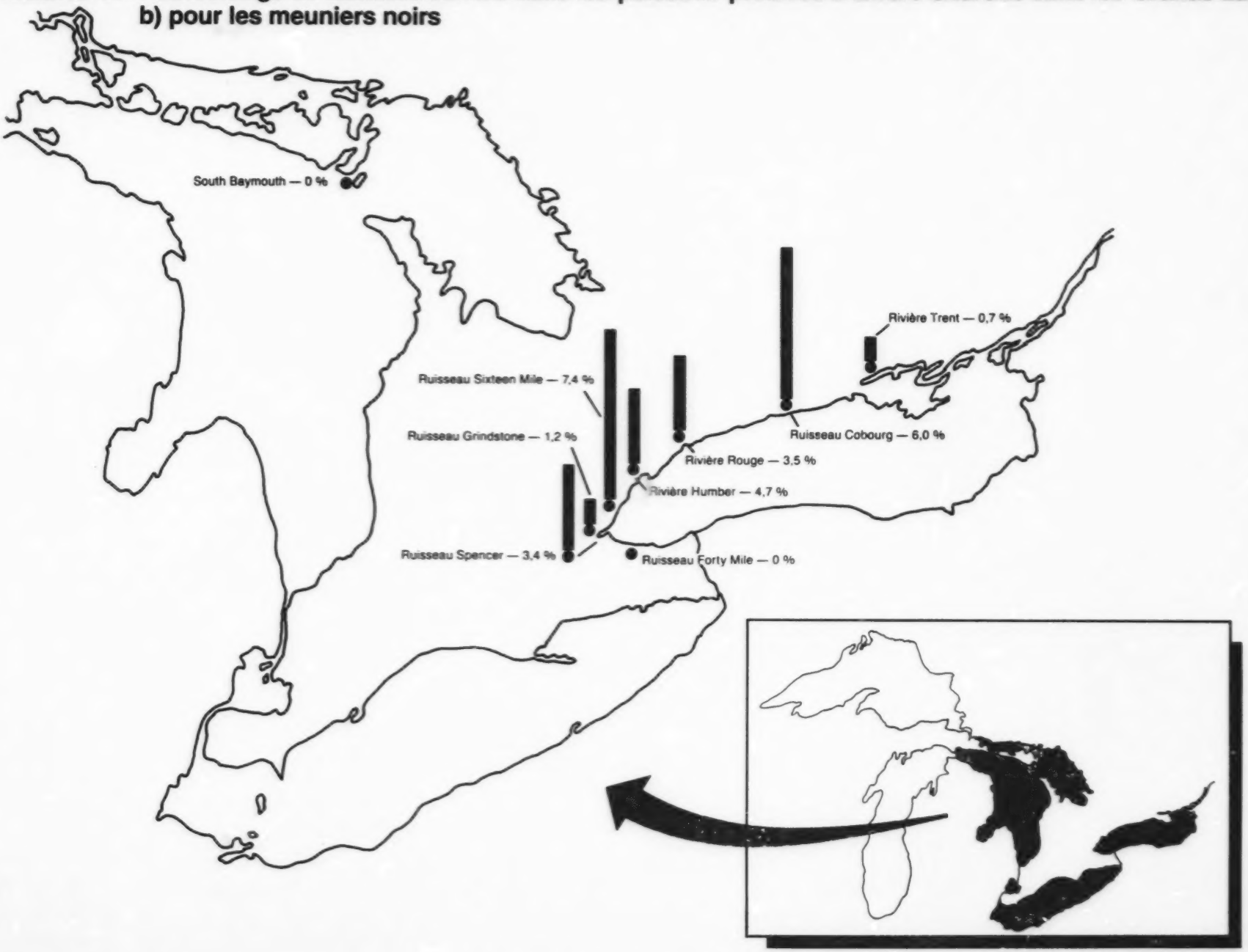
FIGURE 14 Pourcentage de tumeurs du foie dans les poissons prélevés à divers endroits dans les Grands Lacs
a) pour les barbottes brunes



Note : La hauteur de la barre indique la prévalence (exprimée en pourcentage) de tumeurs du foie chez les populations de barbottes brunes et de meuniers noirs prélevés à divers endroits dans les Grands Lacs. Les données ont été obtenues durant les années 1980.

Source : Ministère des Pêches et des Océans.

FIGURE 14 Pourcentage de tumeurs du foie dans les poissons prélevés à divers endroits dans les Grands Lacs
b) pour les meuniers noirs



4

Le cas de quelques espèces des Grands Lacs

On a établi des rapports entre l'exposition aux produits chimiques toxiques et les problèmes de reproduction ou d'autres problèmes physiologiques dans le cas de trois poissons, d'un reptile, de huit oiseaux et de deux mammifères (tableau 7). Deux des espèces, la barbotte brune et le meunier noir, vivent et s'alimentent au fond des lacs. Toutes ces espèces fauniques vivent relativement longtemps et consomment principalement ou presque exclusivement des poissons des Grands Lacs. Comme partie intégrante du réseau trophique des Grands Lacs, les êtres humains se situent au sommet du réseau, en compagnie du Pygargue à tête blanche (figure 2).

Les comptes rendus qui suivent présentent des données sur les concentrations de produits chimiques toxiques persistants et leurs effets connexes dans sept de ces espèces.

Le Cormoran à aigrettes

Les meilleures estimations de la population totale de cormorans des Grands Lacs, réalisées au début des années 1950, en évaluaient le nombre à moins de 1 000 couples. Au cours des années 1970, les populations se sont raréfiées sur tous les Grands Lacs, sauf le lac Érié. Sur le lac Ontario, on n'a relevé aucune naissance de cormoran de 1954 à 1977, tandis que, sur les lacs Michigan et Supérieur, les cormorans ont cessé de se reproduire au début des années 1960 et 1970 respectivement, parce que les œufs cassaient ou que les femelles ne pondaient plus. La plupart des œufs cassaient en raison d'un amincissement prononcé (de 15 à 20 %) des coquilles, occasionné par le pesticide DDT. Les cormorans sont particulièrement sensibles à l'amincissement de la coquille parce qu'ils couvent leurs œufs en s'y tenant debout. Les populations de cormorans se sont rétablies depuis, et l'augmentation du nombre de nids après 1980 coïncide avec le déclin des concentrations de DDT/DDE dans leurs œufs.

L'histoire du cormoran a pris récemment une tournure intéressante. Actuellement, 20 fois plus de cormorans nichent dans le bassin qu'à tout autre moment depuis le début du siècle. On note que l'écosystème actuel contribue nettement au succès du cormoran, bien que la cause de cette explosion démographique reste inconnue.

Depuis que les cormorans ont recommencé à se reproduire avec succès, les biologistes travaillant sur le terrain ont observé toute une gamme de difformités chez les oisillons. La fréquence d'oisillons au bec difforme est particulièrement inquiétante, car ces difformités débutent lorsque l'oiseau est encore dans l'œuf (voir la photographie de la page couverture). Des taux remarquablement élevés de difformité du bec sont observés dans la baie Green, tandis que les taux globaux sont légèrement plus élevés chez les cormorans des Grands Lacs que chez ceux des milieux relativement peu contaminés.

Ces constatations permettent d'établir un lien entre la malformation congénitale et la chaîne alimentaire fortement contaminée de cette espèce. Les BPC et les composés connexes sont les premiers suspects. Malgré la rareté des données, les niveaux actuels de BPC dans les œufs des cormorans du lac Ontario semblent être les mêmes qu'au début des années 1970.

Le Pygargue à tête blanche

Un prédateur du sommet du réseau trophique, le Pygargue à tête blanche vit longtemps et s'alimente de gros poissons, de goélands, d'oiseaux aquatiques, de tortues et de rats musqués. Sa situation au sommet du réseau trophique des Grands Lacs rend cette espèce particulièrement vulnérable (figure 2). Les Pygargues à tête blanche ont tendance à revenir d'année en année aux mêmes aires de reproduction, s'exposant ainsi aux contaminants locaux. Ils peuvent également migrer vers des secteurs pollués une fois la saison de reproduction terminée.

Peu après la généralisation de l'usage du DDT en 1946, un naturaliste amateur a remarqué que plusieurs pygargues de la Floride avaient cessé de nicher et que leurs œufs n'avaient pas éclos. Après une étude poussée

TABLEAU 8
Concentrations d'organochlorés dans les œufs[1] provenant des nids de Pygargues à tête blanche du bassin des Grands Lacs, 1986-1988

Année	Emplacement	Concentration de résidus		
		BPC[2]	DDE	Dieldrine
Littoral				
1986	Lac Michigan (grande baie de Noc)	51-60	26-35	14-22
1986	Lac Érié (baie Sandusky)	8,6-44	2,3-10	0,25-0,69
1986	Lac Huron (baie Thunder)	96-119	38-44	2,2-2,4
1986	Lac Supérieur (baie Whitefish)	12,9-14	2,4-9,5	0,18-0,51
Intérieur				
1986	Lac Michigan (rivière Menominee)	2-29	1,1-16	0,08-0,9
1986	Michigan (basse péninsule)	12-14	5,2-6,2	0,24-0,26
1988	frontière Michigan-Wisconsin	2,4-13	0,48-2,7	0,06-0,09
1988	Ohio	5,7	1,5	0,07

Toutes les valeurs sont exprimées en parties par million.

1. Un total de 24 œufs ont été prélevés à 14 endroits sur 3 ans.
2. Les concentrations de BPC sont fondées sur une analyse utilisant des mélanges d'Aroclor et ne sont pas directement comparables aux valeurs pour les congénères du BPC exprimées dans le tableau 5. À des fins de conversion approximative, on peut multiplier les valeurs Aroclor par 0,5.

Source : *Fish and Wildlife Service* des États-Unis.

des autres populations de pygargues, le *Fish and Wildlife Service* des États-Unis a déclaré cette sous-espèce du Sud «menacée» en 1967. Le Pygargue à tête blanche est probablement la première espèce d'oiseau sur laquelle on a pu observer les effets de l'utilisation généralisée du DDT.

Dans la région des Grands Lacs, l'introduction de produits chimiques toxiques persistants a entraîné une baisse radicale de la population de pygargues. Alors qu'ils avaient toujours niché à au moins 90 endroits le long du littoral canadien, on n'a relevé, au cours des années 1960 et 1970, que 10 emplacements en activité dans les lacs inférieurs, entre le lac Huron et le Saint-Laurent. De 1969 à 1974, les données révèlent que seuls 9 oisillons se sont emplumés, tous sur le lac Érié. Le long du littoral américain, moins de 30 % des tentatives de nidification se sont soldées par l'envol des oisillons hors du nid. L'analyse des œufs de pygargue prélevés des nids au cours des années 1970 laisse entendre que le DDE fut la cause de l'amincissement des coquilles et des problèmes de reproduction. Bien qu'on n'ait pas prélevé d'œufs des nids du littoral des Grands Lacs au cours de cette étude, les biologistes ont établi une corrélation entre la présence de DDE et l'échec de la reproduction. Un autre pesticide, la dieldrine, a joué un rôle dans la mortalité des adultes.

Le Pygargue à tête blanche étant menacé ou en danger d'extinction, tant au Canada qu'aux États-Unis, il a été impossible de prélever systématiquement des œufs et l'on a dû analyser ceux qui n'avaient pas éclos pour obtenir les données sur les niveaux de contaminants. Les niveaux de BPC, de DDE et de dieldrine sont égaux ou supérieurs à ceux trouvés dans les œufs du Goéland argenté de la même région, ce qui n'a rien d'étonnant puisque les Pygargues à tête blanche se nourrissent parfois de sauvagine et de goélands contaminés. Les données provenant des œufs prélevés entre 1986 et 1988 aux États-Unis sont présentées au tableau 8. Fait à signaler, les niveaux de résidus de DDE, de BPC et de dieldrine sont sensiblement plus élevés dans les œufs provenant des nids du littoral que dans ceux des nids à l'intérieur des terres. À ce jour, les données sont insuffisantes pour déceler des tendances chronologiques, mais l'on sait que les niveaux de contaminants sont assez élevés pour entraîner la mort des embryons.

Il est réjouissant de constater que les populations de Pygargues à tête blanche ont commencé à se rétablir dans certaines parties de l'Ontario et dans plusieurs États américains, depuis la limitation des utilisations agricoles du DDT. Les chercheurs signalent toutefois que, en raison de la longévité du Pygargue à tête blanche, la survie des jeunes jusqu'à l'âge de la matu-

ration pourrait être plus importante que les naissances elles-mêmes. Des observations réalisées au cours des années 1980 du côté américain des Grands Lacs révèlent que les couples de pygargues peuvent maintenant nicher mais n'arrivent toujours pas à produire une progéniture.

Au cours des dernières années, les populations de pygargues se sont accrues le long du littoral canadien du lac Érié. De plus en plus de tentatives de reproduction sont couronnées de succès, ce qui témoigne des plus faibles concentrations de pesticides organochlorés dans les poissons et la sauvagine du lac Érié. Sur le lac Ontario, aucune tentative de nidification n'a été enregistrée, même dans les secteurs où l'habitat demeure propice.

Étant donné que le Pygargue à tête blanche s'alimente d'espèces que consomment aussi les pêcheurs sportifs, les chasseurs et les autochtones, son état de santé pourrait servir d'indice pour les êtres humains. De plus, sa situation au sommet du réseau trophique et sa grande sensibilité aux contaminants le désignent pour servir d'espèce témoin. Le retour de couples de pygargues capables de se reproduire normalement dans leur habitat antérieur et l'accroissement de leur population devraient aussi entrer dans la définition biologique de l'«élimination virtuelle» des substances toxiques persistantes dans l'écosystème des Grands Lacs. Dans les milieux relativement peu contaminés, les couples de cette espèce qui vit longtemps reviennent nicher au même endroit d'une année à l'autre.

Le Goéland argenté

Comme nous l'avons déjà écrit, le Goéland argenté a habituellement servi d'espèce témoin en ce qui concerne les niveaux de contaminants dans les Grands Lacs depuis 1974. L'aptitude du Goéland argenté à bioaccumuler les produits chimiques toxiques persistants tout en demeurant relativement insensible à leur caractère toxique en fait un animal précieux pour déterminer des niveaux et des tendances. Les biologistes de la faune ont aussi eu recours à cette espèce pour mesurer les changements biochimiques provoqués par les contaminants, ce qui est d'autant plus important que les niveaux de contaminants ont diminué quelque peu et que l'on constate moins de difformités visibles chez les oiseaux. La modification des marqueurs biologiques indique que les BPC et les autres produits chimiques organochlorés sont encore présents en quantité suffisante dans les poissons des Grands Lacs pour influer sur la physiologie du Goéland argenté dans presque tout le bassin. L'utilisation de cet animal à titre expérimental pourrait nous mettre sur la voie d'une relation de cause à effet entre les produits chimiques toxiques autres que le DDT et la faune.

Dès 1964, les colonies de Goéland argenté sur le lac Michigan connaissaient des problèmes de reproduction. En 1970, les colonies du lac Ontario éprouvaient des problèmes analogues. Contrairement aux cormorans, aux pygargues, aux Sternes pierregarins et aux Bihoreaux à couronne noire, les Goélands argentés n'ont pas connu un amincissement critique de la coquille de leurs œufs. On a plutôt observé chez eux une autre tendance : un taux élevé de mortalité des embryons et une forte perte d'œufs en raison du manque d'attention des adultes couvant les œufs.

En 1978, la reproduction s'était accrue, dans les lacs Ontario et Érié, à des niveaux qui assuraient la stabilité de la population. Actuellement, les populations de Goélands argentés prospèrent à nouveau. Les colonies des lacs Huron et Supérieur n'ont pas connu de baisses de reproduction comme celles des autres lacs, dû au fait que le réseau trophique y est moins contaminé. On sait que le pesticide DDT et son métabolite, le DDE, miment l'hormone femelle, l'œstrogène, et que des embryons mâles peuvent être féminisés expérimentalement en leur donnant des doses de ces composés. Dans une étude rétrospective, on a analysé les embryons de goélands préservés depuis le milieu des années 1970 pour constater qu'une partie des embryons mâles étaient sensiblement féminisés et que les embryons femelles avaient des oviductes hypertrophiés. La signification de ces constatations demeure incertaine.

La Sterne pierregarin

La Sterne pierregarin des Grands Lacs suscite beaucoup d'inquiétudes, à un point tel que le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada a amorcé récemment un examen de sa situation. Certes, la sterne a été touchée par la contamination du réseau trophique aquatique ; mais, plus encore, le niveaux élevé des lacs au cours des 20 dernières années l'a forcée à abandonner ses lieux de nidification préférés, soit les îlots de gravier. Les sternes nichent maintenant dans des emplacements artificiels, qui sont cependant sujets à perturbation par l'homme ou par des prédateurs. En 1987, les populations de Sternes pierregarins du lac Ontario étaient les plus basses jamais enregistrées.

Lors de travaux effectués sur le terrain en 1970, un biologiste d'Environnement Canada a constaté quelque chose d'anormal dans deux des colonies de Sternes pierregarins du port de Hamilton, nichant sur des lieux artificiels. Malgré l'occupation des nids par quelques jeunes de divers âges, la plupart des œufs n'avaient pas éclos. Examinant l'un de ces œufs, le biologiste constata que l'oisillon était mort avant d'avoir pu briser complètement sa coquille. Parmi les autres œufs, plusieurs contenaient des embryons morts. Près d'une touffe d'herbe, le biologiste remarqua également un oisillon de deux semaines dont le bec inférieur et le bec supérieur se croisaient sans se toucher, une difformité le

condamnant à mourir d'inanition. Une étude systématique de ces colonies et d'autres encore a confirmé que la Sterne pierregarin des lacs Ontario et Érié se reproduisait mal en raison de la contamination des embryons. La fréquence des malformations congénitales observées dans les cinq colonies du lac Ontario de 1971 à 1973 est la plus élevée de toutes les espèces étudiées à ce jour, peu importe l'endroit. Les données révèlent que les niveaux de BPC et de DDT ont diminué dans les œufs de cette espèce. Plus récemment, lors de travaux sur le terrain en 1989, on a encore trouvé un embryon de Sterne pierregarin présentant de graves difformités dans le port de Hamilton, et les oisillons de la baie Saginaw et de la baie Green continuent de souffrir des effets de la contamination.

La reproduction de la Sterne pierregarin est particulièrement affectée par les contaminants persistants; face à une foule de menaces, sa survie dans les Grands Lacs est loin d'être assurée.

Le vison

Le vison, la loutre et le rat musqué sont des mammifères aquatiques qu'exploitent les humains en raison de la valeur commerciale de leur fourrure. Les scientifiques ont constaté que ces espèces concentrent les produits chimiques organochlorés dans leurs tissus. Au cours des années 1960, les visons d'élevage consommant des poissons des Grands Lacs ont cessé complètement de se reproduire. Des études détaillées en laboratoire ont révélé que les BPC présents dans le poisson en étaient la cause. Des recherches subséquentes ont montré que divers congénères des BPC, aux effets analogues à ceux de la dioxine, étaient responsables des répercussions néfastes sur les adultes et de l'intoxication des fœtus. Les visons sont l'une des espèces les plus sensibles à l'empoisonnement aux BPC, aux HCB et à la dioxine.

Les visons sont d'importants indicateurs des niveaux de contaminants dans les terres humides du bassin des Grands Lacs, car ils ne migrent pas et consomment des rats musqués et d'autres mammifères ainsi que du poisson et des oiseaux vivant dans ces marais. Sensibles à l'exposition aux BPC, ils sont par contre relativement insensibles à l'exposition au DDT. Les données provenant de cinq régions du lac Ontario et de cinq cantons en bordure du lac Érié révèlent que la distance entre le lieu de capture du vison et le rivage est un important facteur pour prédire la concentration de contaminants. Les animaux capturés le plus loin des berges ne se nourrissent pas exclusivement de poisson des Grands Lacs et, par conséquent, présentent habituellement des niveaux moins élevés d'organochlorés. Une analyse des carcasses de vison obtenues des trappeurs a permis d'observer de fortes concentrations de BPC dans le foie des bêtes capturées le long du Saint-Laurent et dans la région de Whitby-Cobourg aux abords du lac Ontario. Compte tenu des études réalisées sur les visons d'élevage, les visons sauvages des berges avaient des niveaux de BPC suffisamment élevés pour envisager l'apparition de problèmes de reproduction.

En l'absence d'un recensement des populations de mammifères à fourrure le long des berges des Grands Lacs et à l'intérieur des terres, on a examiné des taux de piégeage pour savoir si les populations de visons sauvages dans les régions à forte teneur en BPC avaient décliné. Aucune constatation concluante n'a pu être tirée. Au moins trois facteurs viennent brouiller les données: l'intensité du piégeage, la valeur des peaux et la destruction des visons par les trappeurs de certaines régions pour protéger les rats musqués.

Les données ontariennes sur la récolte de visons et de rats musqués (leurs principales proies) de 1970 à 1985 ont récemment fait l'objet d'un examen. On a comparé les récoltes de deux secteurs du littoral des Grands Lacs reconnus comme fortement contaminés par les BPC aux récoltes de deux autres secteurs de taille comparable. Un des secteurs témoins comprenait les cantons situés à un ou deux cantons de distance de ceux du littoral appartenant aux groupes à risques élevés, et l'autre, deux cantons du centre de l'Ontario où la contamination aux BPC est minime. Les deux secteurs à risques élevés présentaient, 12 années sur 15, des récoltes de visons considérablement inférieures aux deux secteurs à faibles risques. Par contre, les récoltes de rats musqués ne différaient que dans 7 années sur 15, les secteurs à risques élevés ayant même connu la récolte de rats musqués la plus abondante durant 3 de ces années.

Même si les données faisant état de différences entre les populations de visons selon leur habitat le long des rives des Grands Lacs sont avant tout indirectes, elles suivent les tendances observées chez un autre mammifère aquatique, la loutre de rivière, qui s'alimente surtout de poissons. Les populations de cette espèce sont plus en santé à l'intérieur des terres, soit le long des rivières du Michigan et du Wisconsin, qu'aux abords du lac Michigan, où elles deviennent de plus en plus clairsemées au fur et à mesure qu'on se rapproche des rives. On observe un profil semblable dans le cas du Pygargue à tête blanche, dont les populations de l'intérieur des terres se remettent, tandis que celles le long du littoral connaissent toujours un faible taux de reproduction.

La chélydre serpentine

La chélydre serpentine (tortue alligator ou tortue vorace) consomme surtout du poisson, des végétaux et des insectes; puisque ces aliments peuvent concentrer des contaminants, ces derniers passent directement dans la tortue et ses œufs. Les niveaux de polluants peuvent être fort élevés dans les graisses, le foie et les

œufs de tortues. Comme cette espèce vit longtemps tout en n'occupant à longueur d'année qu'un territoire fort restreint, elle s'avère donc un bon indicateur de la contamination locale. Les chélydres serpentines sont fort répandues dans l'est et le centre du Canada et des États-Unis. Il est donc possible de comparer les niveaux de contaminants entre les tortues de nombreuses régions.

Au cours des années 1980, on a prélevé des œufs de chélydre serpentine dans dix emplacements en Ontario et deux au Québec afin d'évaluer la présence de BPC, de pesticides organochlorés, de dioxines et de furanes, durant trois périodes d'étude.

Pour chaque période d'étude, les œufs du lac Ontario étaient généralement plus contaminés que ceux du lac Érié, du fleuve Saint-Laurent et du parc Algonquin. Dans certaines populations bien définies du lac Ontario, telles que celles de Cootes Paradise (port de Hamilton) et du ruisseau Lynde, les œufs étaient beaucoup plus contaminés aux BPC, aux dioxines et aux furanes que les œufs prélevés ailleurs.

Dans le cas des populations étudiées en 1984 et en 1988–1989, la contamination des œufs de chélydre serpentine au mirex et au DDE n'avait diminué sensiblement nulle part, sauf dans le port de Hamilton. Les concentrations de BPC dans le parc Algonquin étaient plus faibles en 1989 qu'en 1984, tandis que les niveaux avaient fluctué dans le lac Ontario.

Cootes Paradise (port de Hamilton), est le seul lieu où l'on a décelé des dioxines et des furanes tant en 1984 qu'en 1988. Même si les concentrations du congénère le plus toxique de la dioxine (2,3,7,8-TCDD) ont chuté de 50 % au port de Hamilton par rapport à 1984, les concentrations des autres dioxines et des furanes sont demeurées stables ou ont augmenté.

Les niveaux de contaminants dans les œufs de tortue n'ont, en règle générale, pas diminué depuis 1984 ; dans de nombreux cas, ils ont même augmenté.

On a trouvé de 1984 à 1987 27 tortues adultes en mauvaise santé dans le port de Hamilton et observé des mortalités de cause inconne chez 22 d'entre elles vers le milieu de l'été, période où cette espèce subit relativement peu d'agressions. On a mesuré des résidus élevés de BPC, de HCB, de chlordane et de DDE dans leurs tissus. Les œufs de tortues prélevés dans les terrres humides, le long des lacs Érié et Ontario, ont été incubés : les difformités des embryons et des jeunes étaient semblables à celles observées chez les cormorans, les goélands, les sternes et les poissons (bouche tordue, queue repliée et pattes difformes). Ces difformités ont été associées au niveau de contaminants dans les tissus en certains endroits.

Le touladi

La pêche commerciale du touladi dans les Grands Lacs a chuté de plus de 90 % de 1930 à 1960. Afin de contrer cette tendance, les organismes responsables des pêches ont mis en œuvre des programmes de stockage, un contrôle de la grande lamproie marine (un important prédateur), une gestion des contingentements et des mesures de conservation de l'habitat du poisson. Actuellement, les populations de touladis des Grands Lacs se maintiennent grâce à des programmes intensifs de stockage ; on relève des indices d'un faible recrutement de jeunes poissons dans la population reproductrice. La figure 4 présente les niveaux de BPC et de DDT dans chacun des lacs depuis les années 1970.

Les effets d'agressions autres que chimiques masquent souvent ceux des produits chimiques sur les populations de poissons ; les organismes peuvent succomber avant que l'on soit en mesure d'observer les effets de l'exposition aux produits chimiques. C'est en 1969 qu'on a pour la première fois rapporté des mortalités chez le fretin du touladi (et du saumon coho) du lac Michigan. À la suite de 12 années d'observation du touladi, les chercheurs ont conclu que les produits chimiques étaient l'une des causes des troubles de reproduction de ce poisson dans le lac Michigan car :

a) la mortalité était limitée aux régions les plus contaminées du lac ;
b) la mortalité survenait lors du passage des jeunes touladis du stade de larve fixe au stade d'émergence, période où le fretin du touladi est le plus sensible à l'exposition aux produits chimiques ;
c) le syndrome a atteint son sommet simultanément chez le fretin du touladi et du saumon quinnat en 1981.

Des analyses chimiques subséquentes ont révélé la présence de 167 produits chimiques organiques dans les tissus de poissons prélevés dans le sud du lac Michigan. Tout indique que ces produits chimiques sont responsables du taux de mortalité du touladi, mais on n'arrivera probablement jamais à repérer le ou les produits chimiques en cause.

5

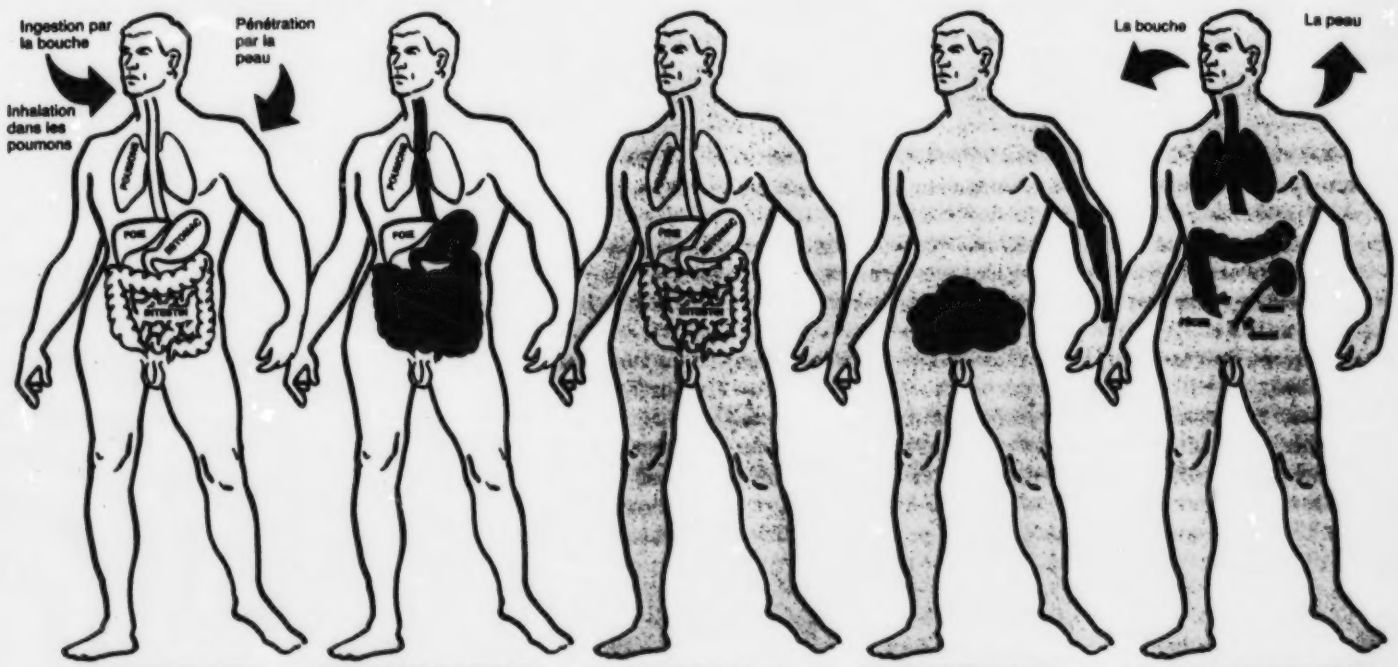
L'exposition et les niveaux de contamination chez les êtres humains

Les êtres humains qui habitent dans l'écosystème du bassin des Grands Lacs sont exposés à un vaste éventail de substances organiques et inorganiques. Les produits chimiques toxiques persistants proviennent de nombreuses sources, notamment des procédés industriels, des exploitations agricoles, des fuites de dépotoirs de déchets dangereux et des émissions de sources de combustion telles que les incinérateurs, les véhicules à moteur et les activités industrielles. Seule une faible part de notre exposition aux contaminants environnementaux peut être attribuée aux sources situées dans le bassin hydrographique des Grands Lacs. Bon nombre de contaminants aéroportés arrivent dans le bassin en provenance de sources éloignées. La majeure partie des aliments que nous consommons provient de l'extérieur du bassin.

L'exposition

Les aliments et les breuvages, l'inhalation d'air et de particules aéroportées, l'ingestion d'eau, le contact du corps avec l'eau lors de la baignade ou du bain, l'ingestion par inadvertance de sol contaminé et le contact de

FIGURE 15 Ingestion et excrétion de contaminants par le corps humain



Source : Adaptée de *Toxicology for the Citizen, Michigan State University*, 1987.

la peau avec des particules aéroportées sont autant d'éléments d'exposition aux polluants environnementaux. L'information présentée ici en matière d'exposition se fonde avant tout sur les connaissances acquises au sujet de l'absorption de tel ou tel produit chimique présent dans les aliments, l'eau potable, l'air et le sol. Les personnes que le travail expose aux polluants, notamment la manutention de sédiments contaminés, peuvent accumuler des niveaux plus élevés de ces substances que le grand public. Ce rapport ne traite pas de l'exposition professionnelle ni de l'exposition provenant d'épisodes d'empoisonnement aigu, ni non plus de l'exposition à l'ensemble des produits chimiques organiques volatiles, dont bon nombre sont fort répandus et toxiques. L'exposition aux produits chimiques persistants est abordée dans la section suivante.

Les aliments

Les résidus chimiques de substances toxiques persistantes dans les aliments proviennent de l'épandage de pesticides agricoles et du dépôt atmosphérique sur les cultures. La contamination des poissons et de la faune des Grands Lacs peut aussi être causée par les déchets agricoles et industriels acheminés jusqu'à l'eau. Bien que des études du panier de provisions (articles d'alimentation provenant du supermarché et représentant le régime type du Canadien et de la Canadienne) aient été effectuées dans le bassin des Grands Lacs, elles sont difficiles à interpréter, et ce, pour plusieurs raisons. On ne s'est pas entendu sur les aliments qui constituent un régime type ni sur la question de savoir si l'on devrait analyser les échantillons avant ou après qu'ils aient été lavés, pelés ou cuits. De plus, la présentation des données varie selon les études. Les données limitées dont nous disposons révèlent que les aliments contiennent de nombreux contaminants décelés dans l'écosystème des Grands Lacs. Il reste que l'ingestion estimative de ces substances est bien en deçà de la dose journalière acceptable établie pour chacun des produits chimiques par l'Organisation mondiale de la santé.

Le calcul de l'ingestion de résidus de produits chimiques par l'entremise des aliments pour les populations moyennes est fondé la plupart du temps sur un régime adulte. Ces calculs ne tiennent pas suffisamment compte de l'absorption par des populations qui consomment de grandes quantités de poissons gibiers et d'animaux sauvages (par exemple, les pêcheurs et chasseurs sportifs et leurs familles ainsi que les groupes autochtones) tout comme la majorité des études ne s'intéressent pas non plus à l'exposition des enfants. Plusieurs facteurs peuvent accroître l'ingestion de contaminants par les enfants et les nourrissons. Les enfants consomment habituellement plus d'aliments par kilogramme de poids corporel et affichent un taux d'absorption plus élevé que les adultes. De plus, les nourrissons sont exposés à de plus fortes concentrations de contaminants hyposolubles que celles que l'on trouve dans l'alimentation des adultes. Il est vrai que cette exposition dure peu de temps, mais elle survient durant une période de développement critique.

L'eau potable

Dans le cas de la plupart des substances toxiques persistantes, les calculs révèlent que l'eau potable ne représente qu'un très faible apport à la dose journalière totale (par exemple, moins de 1 % pour les dioxines, le DDT et les BPC). La plupart des contaminants décelés dans l'eau potable ne s'y trouvent qu'en très faibles concentrations, de loin inférieures aux recommandations canadiennes sur l'eau potable. En règle générale, moins de 1 % des échantillons analysés par la province d'Ontario présentent des niveaux détectables de contaminants organiques les plus courants, à l'exception du lindane, un pesticide agricole, présent dans près de 20 % des échantillons analysés, quoique à des niveaux inférieurs à ceux prescrits par les recommandations en vigueur.

Il est fréquent de déceler certains métaux non essentiels dans les échantillons d'eau potable des villes du bassin des Grands Lacs, mais à des niveaux inférieurs à ceux établis dans les recommandations. On observe certaines variations dans les régions urbaines, selon l'âge et le type de tuyaux utilisés. Par exemple, il arrive souvent de déceler du plomb dans l'eau potable domestique qui a séjourné plusieurs heures dans la tuyauterie.

Les résultats selon lesquels des contaminants sont présents à de très faibles niveaux dans l'eau potable se comparent à ceux d'une étude approfondie de l'eau potable provenant des Grands Lacs, publiée en 1986 par l'Association canadienne de santé publique. Il peut arriver que les niveaux de contaminants dans l'eau municipale dépassent les normes, ce qui ne signifie nullement que l'eau potable menace la santé, puisque les recommandations sont fondées sur une exposition correspondant à toute une vie et prévoient d'importantes marges de sécurité. Le fait que les normes soient constamment dépassées peut toutefois indiquer la présence d'une source incontrôlée d'un produit chimique particulier.

L'air

Rares sont les ensembles de données qui traitent de façon globale des niveaux de métaux lourds et de contaminants organochlorés aéroportés déposés dans l'eau et les aliments du bassin des Grands Lacs. Si les niveaux de plomb et de cuivre inorganiques semblent avoir diminué depuis 1977, les niveaux de BPC ont peut-être augmenté légèrement durant cette période. De nombreux produits chimiques organiques rejetés dans les rivières

et les lacs sont volatiles et peuvent être aéroportés à la grandeur du bassin. On estime que, dans certaines régions du Canada, l'exposition aux furanes et aux dioxines aéroportés pourrait représenter de 2 à 8 % de la dose journalière totale de ces contaminants.

Le sol

Les concentrations de contaminants dans le sol ne doivent pas être sous-estimées, car la poussière peut exposer les adultes et les enfants à ces contaminants. De plus, les jeunes enfants peuvent consommer par inadvertance d'importantes quantités de terre. La présence de contaminants dans les sols du bassin des Grands Lacs n'a pas fait l'objet d'une surveillance étroite. C'est dans les régions urbaines qu'on trouve les niveaux de plomb les plus élevés en raison de l'utilisation de combustibles au plomb ou, à certains endroits, en raison d'activités industrielles (la récupération de batteries au plomb et les fonderies par exemple). Les concentrations élevées dans le sol se mesurent en parties par million (ppm). Avec l'élimination graduelle du plomb dans l'essence, on verra probablement une diminution des concentrations de plomb dans le sol. Les données sur les concentrations de produits chimiques organiques volatiles dans le sol sont rares. Ces composés auraient un effet minimal sur la dose totale par ingestion de sol; cependant, ils contribueraient à l'exposition globale aux produits aéroportés.

L'exposition globale

On recourt maintenant à une «approche multimedia» pour estimer l'exposition des êtres humains à l'ensemble des voies. Cette approche permettra d'établir l'exposition globale plutôt que l'exposition aux produits chimiques provenant d'un seul medium à la fois. L'estimation des risques pour la population calculée à partir d'une analyse de l'exposition à plusieurs medias est plus réaliste que celle fondée sur l'exposition à un seul medium.

Les analyses multimedias réalisées à ce jour révèlent que la plus grande dose de produits chimiques organiques (de 80 à 90 %) ingérée par les habitants du bassin des Grands Lacs provient des aliments, tandis qu'une quantité moindre émane de l'air (de 5 à 10 %) et une quantité infime, de l'eau (moins de 1 %). La plupart des calculs sur l'exposition globale des êtres humains aux produits chimiques présents dans le bassin des Grands Lacs proviennent de l'analyse des niveaux de contaminants dans l'eau potable et les poissons.

Les populations soumises à une exposition croissante

L'eau potable et l'air renferment comme on le sait une vaste gamme de contaminants environnementaux, lesquels s'y trouvent toutefois en si faibles concentrations qu'ils ne représentent pas des facteurs importants d'exposition pour l'être humain. Par contre, nul ne s'étonnera d'apprendre que les aliments constituent la principale voie d'exposition, car de nombreuses substances toxiques persistantes sont liposolubles et susceptibles de bioaccumulation. Plusieurs groupes de la population sont exposés à des niveaux plus élevés de composés toxiques que la population dans son ensemble. S'alimentant au sommet du réseau trophique, les pêcheurs et chasseurs sportifs ainsi que les autochtones qui consomment de la chair de poisson (particulièrement dans les régions où ont été émis des avis), d'oiseaux aquatiques ou de tortues risquent de s'exposer à des niveaux plus élevés de mélanges de ces contaminants. Les personnes qui habitent des endroits fortement pollués tels que certaines villes ou régions industrielles sont aussi plus susceptibles d'être exposées aux polluants aéroportés. Les nouveaux-nés et les enfants consomment plus de nourriture par unité de poids corporel que les adultes et ont donc une exposition relativement élevée. Les nourrissons, par exemple, peuvent être exposés à des quantités beaucoup plus grandes de contaminants liposolubles présents dans le lait maternel, même si cette période ne dure que peu de temps. Il importe de souligner que, malgré la présence de produits chimiques organochlorés dans le lait maternel, les avantages de l'allaitement pour le nouveau-né l'emportent de loin sur les désavantages.

Les données sur les tissus humains

Les concentrations de contaminants dans les tissus peuvent servir à mesurer l'exposition d'une personne. Les résidus décelés dans les tissus constituent le résultat d'un échange dynamique entre l'ingestion et l'absorption d'un contaminant, et l'aptitude du corps à métaboliser et à excréter cette substance (figure 15). Les études révèlent que les êtres humains ont été exposés à de nombreux métaux et produits chimiques organiques de synthèse; certains d'entre eux sont décelés de façon constante dans les échantillons de tissus humains.

Dans le bassin des Grands Lacs, de nombreux contaminants omniprésents se concentrent dans les organismes qui s'y trouvent. Pour la plupart des produits chimiques, les concentrations augmentent à mesure qu'on remonte le long du réseau trophique.

L'amélioration récente des techniques d'analyse permet maintenant de déceler d'infimes quantités de nombreux contaminants chimiques dans l'environnement et dans les échantillons biologiques, ce qui explique la hausse du nombre d'échantillons présentant des niveaux détectables de produits chimiques. Un grand nombre de contaminants auparavant non identifiés sont aujourd'hui décelés, sans que l'on puisse en déduire qu'ils étaient absents des êtres humains et de l'environnement avant l'amélioration des techniques d'analyse.

Les données actuelles sur les résidus de contaminants dans les tissus adipeux (graisses), le sang et le lait maternel ne permettent pas de tirer des conclusions sur les tendances des 20 dernières années, malgré la baisse notoire de concentrations de certains produits chimiques dans le lait maternel. L'absence d'uniformité entre les méthodes de recherche empêche toute comparaison des études existantes. De même, l'absence d'un programme de surveillance à long terme complique la détermination de l'ampleur de l'exposition et de son évolution.

Les tissus adipeux

Les tissus les plus souvent analysés sont les tissus adipeux, où s'accumulent les contaminants lipophiles (solubles dans les graisses). Les BPC et le DDE sont les contaminants les plus fréquents de même que ceux qui affichent les plus fortes concentrations (habituellement dans les quelques ppm). La dieldrine, le lindane, l'hexachlorobenzène et le chlordane (tous des pesticides) sont présents dans les échantillons de tissus adipeux humains prélevés partout en Amérique du Nord, bien que leurs concentrations soient moindres que celles des BPC et du DDE. On a trouvé des dioxines à des concentrations de quelques parties par billion (ppt) dans presque tous les échantillons de tissus adipeux humains analysés de par le monde.

Compte tenu des rares données disponibles, il ne semble pas y avoir d'écarts entre les niveaux de la plupart des contaminants trouvés dans les habitants du bassin des Grands Lacs et ceux des personnes habitant ailleurs en Amérique du Nord. De même, on ne relève aucune différence marquée dans les niveaux de résidus chez les personnes des diverses régions du côté canadien du bassin. Les données demeurent également insuffisantes pour tirer des conclusions au sujet des tendances chronologiques observées pour l'ensemble de la population. Il est impossible de comparer avec précision les données provenant de diverses études, car le prélèvement et l'analyse des échantillons ont été faits à l'aide de différents protocoles. De plus, la comparaison des données recueillies à partir des tissus humains serait plus significative si le domicile, les antécédents d'exposition et (le cas échéant) la cause du décès étaient connus.

Le sang

Les concentrations de contaminants liposolubles dans le corps humain ont été déterminées entre autres par l'analyse du sérum sanguin, lequel contient une faible quantité de gras. Les niveaux d'organochlorés ainsi décelés peuvent toutefois fausser la mesure des concentrations totales dans le corps, puisque la concentration de tel ou tel contaminant peut varier sensiblement sur une période de quelques heures. Les niveaux de BPC, par exemple, peuvent augmenter radicalement dans l'heure qui suit l'ingestion d'un aliment contaminé aux BPC, atteindre un maximum dix heures après le repas et revenir graduellement aux valeurs de référence en moins d'une semaine, au fur et à mesure que les BPC passent du sang aux tissus.

Les données sont insuffisantes pour établir une comparaison des concentrations de métaux tels que le nickel, le cuivre, le cadmium et le plomb décelées dans le sang des personnes selon qu'elles habitent dans le bassin ou ailleurs. La contamination locale (par exemple, par la fonte du plomb et le raffinage du nickel), la situation socio-économique et la proximité des zones urbaines sont autant de facteurs qui peuvent influer considérablement sur les concentrations de métaux dans le sang, dont les niveaux varient de quelques parties par million à quelques parties par milliard (ppb).

Selon certains rapports, les niveaux de mercure dans le sang de certains autochtones du bassin des Grands Lacs entreraient dans la catégorie de «risque croissant» (20–99 ppb). Ces niveaux sont semblables à ceux constatés chez les autochtones de nombreuses autres collectivités du Canada. Ils n'atteignent pas les niveaux «à risque» (plus de 100 ppb) constatés dans les résidents des autres collectivités autochtones de l'Ontario que l'on sait gravement exposés à la contamination au mercure, comme Grassy Narrows et Whitedog, ou de certaines collectivités indiennes du Québec, comme Mistassini et Waswasipi.

Le lait maternel

Le lait maternel contient une proportion relativement élevée de gras, d'où la présence de nombreux produits chimiques organochlorés liposolubles. Trois études nationales réalisées entre 1967 et 1982 ont permis de trouver des résidus de neuf produits chimiques organiques ou de leurs métabolites dans la plupart des échantillons de lait maternel. Les concentrations d'organochlorés dans le lait des mères canadiennes diffèrent à peine des résultats obtenus dans d'autres pays. Les niveaux de BPC, tant au Canada qu'aux États-Unis, n'ont guère changé de 1962 à 1982. De même, les niveaux de dioxines et de furanes dans les échantillons de lait canadien sont semblables à ceux rapportés aux États-Unis et en Suède (quelques ppb).

Comme dans le cas des tissus adipeux, les différences dans les protocoles d'échantillonnage et d'analyse empêchent de comparer les données de diverses études et d'établir avec certitude le degré d'exposition des nourrissons en fonction des résidus de produits chimiques mesurés dans le lait des mères canadiennes. Qui plus est, les concentrations de contaminants dans le lait maternel peuvent varier durant le boire, entre les boires et durant la période de lactation. Des variations peuvent également être attribuées, pour une population donnée de femmes qui allaitent, au nombre d'enfants allaités précédemment, au lieu du domicile et aux antécédents d'exposition aux produits chimiques.

Les autres tissus

On a analysé les tissus du foie, des reins, du cerveau, des muscles et des gonades pour y déceler les contaminants présents. Les données ne permettent pas, là encore, d'établir de comparaisons valables entre les habitants du bassin des Grands Lacs et ceux d'ailleurs. On sait par contre que de nombreux métaux s'accumulent dans les reins. Les concentrations sont fonction de divers facteurs, dont l'exposition en milieu de travail, la contamination locale, le tabagisme et la situation socio-économique. On a noté des écarts dans les concentrations de neuf métaux présents dans le foie et les reins de personnes décédées à Kingston et à Ottawa, respectivement, mais l'histoire des donneurs n'était pas connue.

Les concentrations tissulaires de contaminants lipophiles (solubles dans les graisses) sont largement tributaires de la présence de graisses dans le tissu. Les concentrations, selon le poids humide, de contaminants tels que les BPC sont plus élevées dans les tissus adipeux; suivent ensuite le foie, les reins, les gonades et le cerveau. Les concentrations mesurées dans les graisses extraites de tous ces tissus tendent à être de la même ampleur.

Un survol des renseignements sur les tissus humains

Les données actuelles, bien qu'incomplètes, ne permettent pas de croire que les résidents du bassin des Grands Lacs affichent des niveaux de contaminants supérieurs à ceux des personnes habitant d'autres régions du pays. Certes, les programmes de surveillance des contaminants dans le tissu humain présentaient des failles, dont celles d'avoir utilisé méthodes dissemblables d'échantillonnage ou d'analyse et de n'avoir pas tenu compte du bilan de santé et de l'exposition de chaque donneur. Si l'on entend dégager des tendances concernant l'accumulation de contaminants dans les tissus humains en fonction du lieu, de l'âge et du sexe, il faudra mettre au point une stratégie globale d'échantillonnage et entreposer des tissus à des fins d'analyse rétrospective.

6

Les effets des produits chimiques toxiques sur la santé humaine

L'évaluation des données relatives à la santé humaine

Plusieurs facteurs gênent l'évaluation des effets des contaminants sur la santé de la population. Trop souvent, les données sont insuffisantes pour établir avec précision le niveau d'exposition. Le sexe, l'âge et le mode de vie sont autant d'éléments qui peuvent influencer considérablement les réactions individuelles. Les êtres humains consomment une foule d'aliments et de boissons, cultivés ou produits aussi bien dans leur propre milieu qu'ailleurs. Les types d'aliments consommés et les quantités peuvent changer selon la saison ou être déterminés par des facteurs sociologiques et ethniques. Enfin, les êtres humains sont en règle générale exposés à des mélanges complexes de contaminants environnementaux et rarement à un seul produit chimique, sans compter l'exposition fréquente à d'autres substances, dont les médicaments, l'alcool et le tabac, qui peuvent tous agir réciproquement.

Afin de contrer ces difficultés et de prédire les effets toxiques découlant des expositions, les scientifiques tentent de marier les résultats des études sur les populations humaines à ceux des études sur les animaux de laboratoire. Les études épidémiologiques peuvent porter sur l'ensemble de la population ou au contraire sur des groupes cibles, tels des catégories de professionnels ou des particuliers ayant subi par accident une exposition inhabituelle. Certaines études portent sur des groupes présentant une pathologie semblable (par exemple, le cancer) pour tenter de repérer des expositions communes; d'autres études, à l'inverse, partent des expositions communes (par exemple aux BPC) pour tenter de cerner leurs effets sur le groupe. Si chacune de ces études fournit certains renseignements, elle est incapable de tracer le portrait complet de l'exposition et de ses effets. Les études réalisées en laboratoire sur des animaux ont également leur utilité, car, à la différence des études sur les êtres humains, il est possible d'y contrôler rigoureusement les conditions expérimentales et l'exposition en variant la dose, tout comme on peut y surveiller en détail les moindres changements biologiques et pathologiques. Bien que la plupart des mammifères, y compris les êtres humains, possèdent des mécanismes cellulaires de base semblables, il ne faut pas oublier que les réactions à une même quantité de contaminant varieront selon les espèces.

Les effets des contaminants sur les humains dépendent des propriétés toxiques des contaminants eux-mêmes ainsi que des modes d'exposition, de leur ampleur et de leur durée. Le montant absorbé (la dose) pourra varier selon la voie d'exposition, qu'il s'agisse de la bouche, des poumons ou de la peau. L'effet sera plus ou moins marqué selon que l'exposition survient d'un seul coup ou se prolonge sur une longue période de temps, qu'elle soit continue ou intermittente, qu'elle se présente seule ou de concert avec d'autres substances.

Les espèces fauniques des Grands Lacs ont fait l'objet d'études approfondies. On a observé, pour une foule d'espèces exposées à des mélanges de substances toxiques persistantes, les effets sur le métabolisme, la croissance, la reproduction, le comportement et le système immunitaire (chapitre 4). Malgré les différences manifestes entre le comportement humain et animal et l'exposition de l'un et de l'autre groupe, ces constatations ont une certaine portée pour les êtres humains.

Les renseignements contenus dans le présent chapitre explorent les rares données qui traitent de l'exposition de la population humaine à une gamme étendue de contaminants dans le bassin des Grands Lacs. L'annexe présente de l'information synoptique sur les divers contaminants et leurs effets les plus marqués.

«Compte tenu de leur nature même (aptitude à traverser le placenta, bioaccumulation, agrégation, longue demi-vie, propriétés toxiques), les produits chimiques toxiques persistants menacent la santé des habitants du bassin.»

Conclusion unanime des participants à un colloque international tenu à la State University of New York *à Buffalo, en 1989.*

Les études sur la population globale

Les statistiques nationales sur la morbidité et la mortalité offrent une base d'évaluation de la santé de la population. Pour l'ensemble des types de cancer, le nombre de cas a augmenté sur l'ensemble du continent nord-américain et dans le bassin des Grands Lacs entre 1950 et 1985. Cette augmentation est due en grande partie à l'augmentation du cancer du poumon et de la peau. Ces deux cancers sont associés au tabagisme et à l'exposition aux rayonnements ultraviolets. Le nombre de cas par 100 000 habitants semble aussi avoir augmenté légèrement en Amérique du Nord, du milieu des années 1970 au milieu des années 1980.

Le cancer est une cause importante de décès en Amérique du Nord et dans le bassin des Grands Lacs. Bien que le nombre de décès par 100 000 habitants dus au cancer ait augmenté depuis 1950, ce nombre a en fait diminué lorsqu'on exclut le cancer du poumon. Le document intitulé *Répartition géographique de la mortalité au Canada* (1980) compare la mortalité attribuable au cancer par comté avec la moyenne nationale, pour les années 1966 à 1977. Dans le bassin des Grands Lacs, rien n'indique à première vue qu'il existe un nombre supérieur à la moyenne de décès d'hommes ou de femmes attribuables à quelque cancer que ce soit. Le seul indice révélateur est l'augmentation des décès dans certains comtés du Québec qui longent le Saint-Laurent. Ces augmentations, relevées dans des municipalités à forte densité, pourraient dépendre de plusieurs facteurs, y compris le mode de vie de leurs habitants et les conditions socio-économiques.

Très peu d'études se sont penchées sur de la mortalité attribuable au cancer dans des régions bien circonscrites du bassin des Grands Lacs. Une étude réalisée entre 1977 et 1981 dans le comté de Niagara a relevé une incidence anormale de cancers du foie et du poumon chez les femmes. Aucun lien avec les variables environnementales n'a toutefois pu être établi, le vecteur déterminant semblant être un excès de tabagisme. Chez les hommes, la même étude a constaté des fluctuations dans les taux des divers types de cancer, sans toutefois pouvoir dégager aucun profil ni établir de lien avec la consommation d'eau provenant de la rivière Niagara.

Quelques études ont été entreprises sur la santé génésique de l'ensemble de la population du bassin des Grands Lacs. Une variation dans les taux de divers problèmes de reproduction (insuffisance de poids à la naissance, mortinatalité et malformations congénitales) a été observée entre les comtés en bordure des Grands Lacs et ceux à l'intérieur des terres, sans que ces écarts soient uniformes selon les diverses régions du bassin. La comparaison du taux de naissance dans cinq comtés de la région de Niagara avec ceux du reste de la province n'a, de même, révélé aucune anormalité. Des augmentations ou des diminutions significatives de l'incidence de telle ou telle malformation congénitale ont bel et bien été relevées, mais aucun profil évident ni lien avec des variables environnementales n'y semblaient associés.

Ces études sur la population globale ne peuvent servir à confirmer ou à infirmer la possibilité d'effets nocifs attribuables à une exposition aux contaminants environnementaux. Toutes les études présentent des fluctuations dans les taux de résultats nocifs (c'est-à-dire supérieurs ou inférieurs à la moyenne), d'une année à l'autre et d'une région à l'autre. Les données sont par ailleurs insuffisantes pour permettre d'établir avec certitude si l'incidence des résultats dans le bassin des Grands Lacs diffère de celle d'autres régions du Canada ou des États-Unis. Il faudrait en outre approfondir l'étude de ces effets dans les collectivités davantage exposées aux contaminants du bassin des Grands Lacs par la consommation de poisson ou d'eau potable provenant de ces lacs, par les procédés agricoles ou industriels environnants ainsi que par les polluants aéroportés.

Les études des populations choisies

Les études des populations humaines tentent d'établir des liens entre, d'une part, l'exposition et, d'autre part, la maladie ou la mort. Certaines s'intéressent aux individus d'un groupe ayant subi la même exposition afin d'établir des effets communs sur la santé (voir l'encadré); d'autres s'intéressent à des individus qui ont un état de santé semblable et tentent d'établir une cause commune (l'exposition).

Les nombreux déversements de produits chimiques survenus dans la rivière St. Clair ont incité des chercheurs à étudier leurs effets sur la reproduction chez les femmes de cette région. Les résultats de l'étude ne révèlent aucun effet nocif important sur la santé, bien qu'on ait noté simultanément une baisse de la mortinatalité et des décès périnatals ainsi qu'une augmentation du nombre de nouveaux-nés affichant une insuffisance de poids à la naissance. Une étude de cas témoin plus approfondie a depuis été réalisée pour le ministère ontarien de la Santé, laquelle a conclu que l'exposition à l'eau potable de la rivière St. Clair n'est d'aucune manière associée à la mortinatalité, aux malformations congénitales, à l'insuffisance de poids à la naissance ou à la mortalité infantile.

On possède peu de renseignements relatifs aux effets de la pollution de l'air du bassin des Grands Lacs sur la santé. Les émissions d'oxydes de soufre et d'ozone semblent avoir provoqué un nombre accru d'hospitalisations, notamment pour des problèmes respiratoires, ainsi qu'une réduction de la fonction respiratoire chez certaines personnes. Ces études, réalisées dans la région du bassin des Grands Lacs, n'ont toutefois pas tenu compte de tous les polluants qui peuvent affecter la santé humaine (dont les métaux et les composés organohalogénés).

Les concentrations de plomb dans le sang d'enfants vivant en Ontario ont aussi fait l'objet d'études. On a relevé des niveaux semblables à ceux des autres régions, lesquels affichent d'ailleurs partout une tendance à la baisse. La mesure du plomb dans le sang humain est cruciale en raison des effets neurologiques constatés chez les enfants et les nouveau-nés exposés à de très faibles concentrations de plomb.

Une étude approfondie portant sur l'exposition des autochtones d'Akwasasne au mélange de contaminants présents dans le fleuve Saint-Laurent (en mettant l'accent sur le méthylmercure, les BPC et le mirex comme indicateur de contaminants) et aux émissions de fluor dans l'air provenant d'une usine avoisinante n'ont pu en arriver à des conclusions probantes. Les niveaux de contaminants dans le sang sont habituellement normaux ou légèrement élevés. Toutefois, la sensibilisation au niveau de contamination du poisson, de l'air et de l'eau a soulevé de graves inquiétudes chez les habitants de la collectivité.

Une étude échelonnée sur six ans auprès des enfants de 242 femmes qui consommaient du poisson du lac Michigan a permis de confirmer plusieurs effets. Ces femmes consommaient en moyenne 6,7 kilogrammes de poisson par année, soit l'équivalent de deux à quatre repas par mois. L'étude s'est attardée aux rapports entre la consommation de poisson, les niveaux de BPC dans le sang de la mère, les niveaux de BPC dans le sérum du cordon ombilical et les effets sur les enfants. On a tenu compte, aux fins des analyses statistiques, de facteurs autres que l'exposition aux BPC; il faut toutefois préciser que le groupe témoin était plus petit que le groupe exposé et que les deux groupes de mères présentaient des différences relatives à leur consommation de médicaments, d'alcool et de caféine.

En premier lieu, une corrélation statistique a pu être établie entre la consommation annuelle maximum de poisson du lac Michigan et les niveaux de BPC dans le sang des femmes, mais non pas entre la consommation annuelle maximum de poisson et les niveaux de BPC dans le sérum du cordon ombilical. Une étude des bébés du groupe a révélé des réductions statistiquement significatives dans la période de gestation, le poids à la naissance et la grosseur de la tête. Compte tenu des niveaux de BPC dans le cordon ombilical, ces bébés étaient plus susceptibles de manifester une «immaturité motrice», d'avoir plus de réflexes anormalement faibles et de «sursauter» plus souvent. Les enfants exposés à des niveaux élevés étaient plus susceptibles d'être classés comme «inquiétants».

À l'âge de sept mois, les bébés ont été testés à nouveau. Les résultats indiquent qu'ils manifestaient une diminution statistiquement significative de leur aptitude à reconnaître de nouveaux stimuli visuels, effet là encore associé à une augmentation des niveaux de BPC dans le sérum du cordon. À l'âge de quatre ans, certains enfants du groupe initial présentaient des troubles de mémoire à court terme sur les tests tant verbaux que quantitatifs. Une autre étude portant sur le même groupe d'enfants a révélé que les BPC étaient toujours présents dans le sang de plus de 50 % d'entre eux, le lait maternel ayant été leur principale source d'exposition. Sur le plan statistique, il existe un lien direct entre un allaitement prolongé et la concentration de BPC. Bien que de plus grandes quantités de BPC soient transmises aux enfants par l'allaitement, le transfert de contaminants par le placenta semble jouer un rôle plus déterminant dans les effets observés sur le développement et la croissance.

Ces études sont importantes, car elles révèlent les premiers effets des contaminants des Grands Lacs sur la population humaine. Une étude inédite portant sur les enfants de femmes ayant consommé du poisson du lac Michigan contredit apparemment les constatations antérieures en ce qui concerne le poids et la taille des nouveau-nés; toutefois, la documentation disponible offre peu de détails, rendant malaisée la comparaison des résultats des deux études.

Compte tenu des conséquences du rapport entre les contaminants environnementaux et les résultats des grossesses, il faut approfondir les recherches pour préciser les liens entre l'exposition, les niveaux de contaminants et les effets sur le développement dans d'autres groupes exposés, et pour cerner les causes avec plus de précision.

Une enquête pancanadienne des niveaux de mercure dans le sang des autochtones a révélé que certains des individus du bassin des Grands Lacs se rangent dans la catégorie «risque croissant». On n'a constaté aucun effet clinique chez les autochtones du bassin des Grands Lacs affichant un niveau élevé de mercure dans le sang.

Malgré le nombre restreint d'études portant sur la population humaine réalisées à ce jour, dans l'ensemble celles-ci donnent à croire que certains groupes habitant le bassin des Grands Lacs éprouvent déjà certains effets nocifs.

«Les produits chimiques toxiques ont porté atteinte aux poissons et à la faune du bassin des Grands Lacs et les renseignements disponibles sur la santé des êtres humains... laissent entendre que ceux-ci sont également touchés. Il est impossible d'évaluer l'ampleur des effets des produits chimiques toxiques sur la santé humaine... mais nous les croyons suffisamment considérables pour être source d'inquiétude.»

Tom Muir et Ann Sudar

Les répercussions possibles de certains polluants

Comme les êtres humains sont exposés à une foule de contaminants chimiques, les renseignements sur les produits chimiques individuels sont d'autant plus importants qu'ils permettent d'évaluer l'effet toxique potentiel de l'exposition sur les humains et d'envisager un contrôle de l'utilisation du produit. On trouvera à l'annexe des renseignements synoptiques sur diverses substances toxiques qualifiées de «polluants critiques» par le Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs, qui relève de la Commission mixte internationale. Les estimations les plus justes de l'exposition du consommateur canadien moyen aux produits chimiques individuels demeurent actuellement en deçà des niveaux critiques; la consommation de grandes quantités de poisson d'eau douce contenant des BPC, des dioxines, des furanes, du plomb et du mercure pourrait toutefois poser un risque important pour la santé. En règle générale, les concentrations de contaminants dans l'eau potable au Canada sont de loin inférieures aux recommandations actuelles du gouvernement fédéral et contribuent à peine, dans la plupart des cas, à la dose journalière d'un particulier.

Récemment, des études détaillées ont été réalisées pour déterminer les effets nocifs pour la santé des BPC, du plomb, du mercure, des dioxines et des furanes. Bien que leurs résultats, dévoilant des effets subtils sur le développement du système nerveux des enfants, demeurent toujours à prouver, ils permettent néanmoins de conclure que certaines expositions environnementales soutenues peuvent être nocives.

Si les écrits scientifiques renferment des renseignements toxicologiques sur les effets de tel ou tel produit chimique, peu s'attardent à leurs effets conjugués. De même, il n'existe que très peu de données sur les niveaux de contaminants pouvant servir à l'estimation de l'exposition. L'évaluation des effets d'un produit chimique individuel devrait englober l'étude des effets interactifs d'une exposition simultanée à un mélange de produits chimiques. Bien qu'on ne nie pas la possibilité d'un effet synergique des produits chimiques dans l'environnement (3 + 3 = 7 ou plus), les rares données scientifiques disponibles incitent plutôt à croire que le mode d'action d'un mélange de produits chimiques au sein d'un organisme puisse être additif (3 + 3 = 6), voire antagoniste (3 + 3 = 5 ou moins).

Les effets toxiques et les mécanismes d'action de différents contaminants appartenant à des familles semblables s'apparentent souvent. Par exemple, les produits chimiques organochlorés tels que les BPC, les polybromobiphényles, le mirex, l'hexachlorobenzène, la dieldrine, le DDT, les dioxines et les furanes causent tous une induction enzymatique et, à des doses suffisantes, des dommages au foie. L'exposition simultanée à de faibles niveaux de ces contaminants a eu des effets sur des animaux de laboratoire, et on les soupçonne d'en avoir également sur les populations fauniques.

À mesure qu'ont été raffinées les techniques de recherche, plusieurs effets subtils découlant d'expositions à d'infimes concentrations ont été observés. Les trois principaux effets des contaminants organiques de synthèse sont le brouillage des communications intercellulaires, l'induction enzymatique et la perturbation du contrôle des hormones endocrines. Ces effets sur les processus cellulaires ne constituent peut-être pas une menace immédiate à la santé ni une cause directe de maladie ou de décès, mais ils indiquent que les mécanismes naturels de régulation sont activés ou inhibés et que certains processus sont modifiés. Bien qu'on en connaisse mal les répercussions directes sur les êtres humains, ces effets indésirables viennent confirmer le besoin de réduire notre exposition aux substances en cause.

7

Synthèse

L'écosystème du bassin des Grands Lacs est, à n'en point douter, contaminé. Les données recueillies depuis le début des années 1970 révèlent que l'eau, les sédiments, le poisson, la faune et les êtres humains contiennent tous des traces de produits chimiques toxiques persistants, associés aux effets observés chez les espèces vivantes (les poissons, les animaux et les êtres humains) habitant le bassin.

Au cours des années 1970 et 1980, les restrictions imposées à l'utilisation des pesticides organochlorés, des BPC et du mercure tant au Canada qu'aux États-Unis ont entraîné une réduction de leur rejet dans la biosphère; les produits chimiques organochlorés, les métaux toxiques et les hydrocarbures aromatiques sont par contre extrêmement persistants. La contamination globale des Grands Lacs, bien qu'inférieure à ce qu'elle était au cours des années 1970, demeure stable en raison de la remise en suspension des sédiments contaminés, du dépôt de produits toxiques aéroportés, de l'écoulement des dépotoirs de déchets dangereux et, peut-être, du ruissellement de terres agricoles contaminées il y a longtemps. Les déversements des égouts municipaux durant certaines tempêtes et les rejets non réglementés ou accidentels des industries introduisent également de nouveaux contaminants dans l'écosystème. Les poissons, les animaux et les êtres humains du bassin des Grands Lacs continueront donc d'être exposés aux produits chimiques toxiques persistants pendant encore longtemps.

Les études réalisées sur le poisson et la faune, tant en laboratoire que sur le terrain, ont permis d'établir qu'un grand nombre de produits chimiques présents dans le bassin des Grands Lacs pouvaient avoir des effets nocifs sur une foule d'espèces. Des facteurs autres que chimiques entrent aussi en jeu. L'interaction de ces facteurs est encore plus complexe chez les êtres humains. Il est difficile d'établir avec certitude la cause d'un effet bien déterminé chez les poissons, les animaux ou les êtres humains en relation avec l'exposition à tel ou tel produit chimique dans l'environnement, les chercheurs ayant plutôt tendance à établir des associations entre l'exposition et les effets. L'exemple le mieux connu est probablement la relation de cause à effet entre le DDT/DDE et l'amincissement des coquilles d'œufs chez les oiseaux piscivores. Comme il existe des ressemblances, sur le plan biologique, entre la faune et les êtres humains, l'étude de certains animaux peut s'avérer utile pour déterminer les risques sur la santé humaine. En fonction des données actuelles, il y a lieu de croire que les animaux et les êtres humains exposés à des mélanges semblables de substances toxiques subissent des répercussions sur leur comportement neurologique et leur développement.

Il reste à déterminer si la santé des personnes qui habitent le bassin des Grands Lacs est affectée par leur exposition permanente aux substances toxiques persistantes. Les indices traditionnels de la mortalité humaine et de la morbidité ne permettent pas de croire que la santé des Canadiens et des Canadiennes est affectée par les produits chimiques toxiques; il semble cependant que l'exposition à ces contaminants menace de fait la santé humaine, même si la nature et la portée de cette menace demandent à être précisées. L'étude la plus complète des habitants du bassin des Grands Lacs réalisée à ce jour a révélé des effets nocifs chez les enfants des femmes ayant consommé fréquemment du poisson du lac Michigan. Certaines personnes courent probablement plus de risques que la moyenne, soit parce qu'elles sont davantage exposées aux contaminants (ce serait le cas des nourrissons et des grands consommateurs de poisson contaminé), soit parce que leur organisme est plus fragile (par exemple, les fœtus, les nouveau-nés et les personnes malades). Il importe de faire part sans tarder aux groupes à risques des moyens de réduire leur exposition.

Puisque la science ne connaît que partiellement le comportement des produits chimiques toxiques persistants dans l'environnement et leur action au sein des organismes vivants, on peut se demander s'il n'existe pas d'autres voies d'exposition et d'autres effets nocifs

à découvrir. Pendant que les chercheurs multiplient le nombre d'études poussées sur les rapports entre l'exposition aux produits chimiques toxiques et la santé humaine, il est capital que tous les secteurs de la société agissent sans tarder pour réduire la contamination de l'environnement.

L'objectif d'élimination virtuelle des substances toxiques persistantes dans le bassin des Grands Lacs ne sera atteint que si les attitudes et les comportements connaissent un changement en profondeur, tant au niveau des actions individuelles que des stratégies commerciales et des réglementations gouvernementales. Il faudra adopter des mesures pour dépolluer les secteurs contaminés et prévenir toute nouvelle pollution grâce à des procédés industriels en circuit fermé et, surtout, au recours à des substances moins toxiques et moins persistantes que celles que nous utilisons actuellement.

La convergence des besoins humains et du respect de toutes les formes de vie peut mener à l'utilisation sensée des ressources naturelles. Seule une coopération accrue entre toutes les couches de la société permettra de réduire davantage les concentrations de contaminants dans l'environnement.

Annexe

Polluants critiques

De nombreux produits chimiques ont été repérés dans le bassin des Grands Lacs. Des profils de toxicité ont été préparés pour près de 200 d'entre eux et pourtant les données sur la plupart demeurent insuffisantes pour permettre d'évaluer l'ampleur de l'exposition humaine. Cette annexe présente des renseignements sur les 11 produits chimiques définis comme polluants critiques dans l'écosystème du bassin des Grands Lacs. Bien qu'ils soient décrits un à un, leur présence combinée dans l'environnement est source d'inquiétudes pour la santé. L'évaluation de la menace que pose chacun de ces produits chimiques à la santé humaine s'appuie sur la dose journalière probable mentionnée au chapitre 3.

Les produits chimiques organochlorés

BPC (biphényles polychlorés)

Les BPC constituent un groupe de produits chimiques utilisés dans le matériel électrique et hydraulique, dans les lubrifiants et dans beaucoup d'autres fluides en raison de leur stabilité chimique et de leur résistance à la chaleur. Il s'agit de produits chimiques persistants qu'on trouve partout dans l'environnement. Les BPC continueront de circuler dans l'environnement, bien qu'on ait cessé leur fabrication et que toute nouvelle utilisation soit restreinte. On a estimé que la quantité de BPC encore utilisée est supérieure à celle rejetée dans l'environnement à ce jour. De fortes concentrations de BPC sont décelées dans les poissons du sommet du réseau trophique des Grands Lacs; une étude a établi un lien entre la consommation de poisson des Grands Lacs par les mères, les niveaux de BPC présent dans le sérum maternel et les retards observés dans certaines mesures de développement du comportement neurologique chez leurs bébés. Il faudra approfondir ces recherches afin de savoir si ces effets sont attribuables aux BPC ou à d'autres produits chimiques auxquels ils sont souvent liés.

Mirex

Le mirex est un insecticide extrêmement persistant. Sous l'effet du rayonnement solaire, il se décompose lentement en photomirex. Le mirex et le photomirex sont tous deux toxiques. Le mirex n'a jamais été utilisé à des fins agricoles dans le bassin des Grands Lacs; toutefois, sa présence dans le réseau trophique du lac Ontario s'explique par les rejets industriels dans les rivières Niagara et Oswego au cours du procédé de fabrication. En 1978, le Canada a interdit toutes les utilisations du mirex, les États-Unis interdisant de leur côté son utilisation comme insecticide. Depuis les années 1970, on a observé une diminution des niveaux de mirex chez le touladi et le saumon coho; au cours de la même période, les niveaux observés dans les œufs de Goélands argentés n'ont pas diminué de façon appréciable. Le mirex a aussi été relevé dans les tissus des personnes qui habitent dans le bassin des Grands Lacs. L'exposition aux niveaux de mirex présent actuellement dans les poissons des Grands Lacs ne menace pas la santé humaine, pourvu que l'on respecte les avis relatifs à la consommation de poisson.

HCB (hexachlorobenzène)

L'hexachlorobenzène est un produit chimique persistant fabriqué à l'origine comme fongicide pour les cultures de céréales et dont le Canada a limité l'utilisation en 1971. Il est généré comme contaminant ou sous-produit durant la fabrication de pesticides et peut être formé durant la combustion de substances contenant du chlore. Présent partout, ce composé se retrouve dans les tissus des poissons, de la faune et des êtres humains du bassin des Grands Lacs. Au cours des années 1970, on trouvait de faibles concentrations de HCB dans les poissons des Grands Lacs. La consommation de quantités raisonnables de poisson par les adultes laisse une marge de sécurité considérable contre les effets nocifs causés par ce produit chimique chez des animaux de laboratoire. L'absorption par unité de poids corporel chez les nourissons est sensiblement plus élevée que l'absorption par la plupart des adultes, car l'hexachlorobenzène est souvent présent dans le lait maternel. Les

niveaux actuels d'hexachlorobenzène dans l'environnement ne menacent pas la santé.

Dieldrine

La dieldrine est un produit chimique toxique persistant qui a surtout servi d'insecticide pour le sol. Le Canada et les États-Unis ont cessé sa fabrication, et son utilisation est maintenant limitée au contrôle des termites. Les niveaux de dieldrine dans l'environnement n'ont pas chuté autant que les niveaux des autres pesticides. La dieldrine continue de pénétrer dans l'environnement aquatique par ruissellement. Les niveaux actuels de dieldrine dans les poissons des Grands Lacs ne menacent pas la santé humaine.

DDT

Le DDT a été introduit en Amérique du Nord en 1946 à titre d'insecticide. En 1974, le Canada a limité son utilisation avant d'y mettre un terme en 1985. En 1989, la dernière utilisation permise a été interdite. Les niveaux de ce produit chimique et de son métabolite principal, le DDE, ont chuté sensiblement, bien que les concentrations dans la faune et dans les poissons aient maintenant atteint un plateau. Le DDT continue d'être utilisé ailleurs dans l'hémisphère et pénètre peut-être dans les Grands Lacs par dépôt atmosphérique. Le DDE est entreposé dans les tissus adipeux des poissons, des oiseaux et des mammifères, notamment des êtres humains. Le DDE a été tenu responsable de l'amincissement des coquilles d'œuf de nombreux oiseaux; depuis lors, on a constaté qu'il perturbait le métabolisme de l'endocrine et qu'il modifiait l'activité des enzymes hépatiques. Certaines études ont aussi établi un lien entre des niveaux élevés de DDE dans le lait maternel et l'hyporéflexie chez les nouveau-nés. Il faut cependant pousser les études pour étayer cette constatation et déterminer si le DDE est réellement en cause. Les niveaux actuels de DDT/DDE dans les poissons des Grands Lacs ne menacent pas la santé humaine.

Dioxine (2,3,7,8-TCDD)

Le composé tétrachloro-2,3,7,8 dibenzo-paradioxine (2,3,7,8-TCDD) est le plus toxique d'un groupe de produits chimiques connu sous le nom de dibenzodioxine polychlorée (PCDD). Très persistant, il se concentre dans les tissus. Les dioxines pénètrent dans l'environnement comme sous-produits de procédés industriels. Les principales sources sont les usines de pâtes et papiers qui utilisent le blanchiment au chlore et celles qui fabriquent des herbicides chlorophénoxylés. Le rejet de dioxine provient des procédés de combustion des incinérateurs et des véhicules à moteur utilisant du combustible au plomb, ce qui explique pourquoi les dioxines sont présentes partout dans l'environnement et se retrouvent même dans les tissus humains. L'exposition moyenne actuelle au 2,3,7,8-TCDD et à l'ensemble des dioxines et des furanes est inférieure à la dose journalière admissible fixée par Santé et Bien-être social Canada. Les personnes qui consomment de grandes quantités de poisson d'eau douce contaminé aux dioxines et aux furanes augmentent les risques pour leur santé. Le congénère du 2,3,7,8-TCDD est carcinogène chez l'animal. Parmi d'autres effets observés, mentionnons la suppression du système immunitaire, les dérèglements hormonaux et les problèmes de développement. Les expositions accidentelles d'êtres humains au 2,3,7,8-TCDD ont souvent causé l'acné chlorique. Les tentatives de contrôle des sources de dioxine doivent être maintenues sans relâche en raison des effets observés après l'exposition à long terme chez les rats et les singes.

2,3,7,8-TCDF

Le composé tétrachloro-2,3,7,8 dibenzofurane (2,3,7,8-TCDF) est un polychlorodibenzofurane (PCDF). Les PCDF sont semblables aux PCDD du fait de leur structure et de leur composition chimique. Ils ne sont pas fabriqués intentionnellement, mais résultent de certains des procédés industriels qui produisent aussi les PCDD. En règle générale, le 2,3,7,8-TCDF est dix fois moins toxique que le 2,3,7,8-TCDD; toutefois, ses propriétés délétères sont semblables, et il tend à se concentrer dans les graisses. Bien que l'exposition moyenne totale canadienne aux composés de type 2,3,7,8-TCDD soit inférieure à la dose journalière tolérable, il importe de ne pas relâcher les efforts en vue de contrôler les sources de PCDD et de PCDF.

Toxaphène

Le toxaphène est un insecticide par contact composé d'un mélange complexe de camphènes chlorés qui a été utilisé à grande échelle sur les cultures de coton aux États-Unis, jusqu'à la fin des années 1970. Depuis le début des années 1980, l'utilisation du toxaphène a cessé presque complètement. Sa fabrication a été interdite aux États-Unis en 1982. Malgré le manque de données, on croit que les niveaux actuels de toxaphène dans les poissons des Grands Lacs sont plus élevés dans le lac Supérieur en raison des dépôts atmosphériques constants. Une consommation moyenne de poisson n'entraîne cependant pas une exposition au toxaphène dangereuse pour la santé.

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques

Benzo[a]pyrène

Le benzo[a]pyrène (B[a]P) est l'un des nombreux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) formés par la combustion incomplète de carburants fossiles, de

bois et de tabac, par l'incinération des ordures, la production d'acier et de coke ainsi que par la liquéfaction et la gazéification du charbon. Le B[a]P est présent à des niveaux élevés dans les sédiments de certains secteurs industrialisés du bassin. C'est surtout la nourriture qui expose les êtres humains au B[a]P, l'exposition par l'air et l'eau étant beaucoup moindre. L'ingestion de B[a]P n'est pas associée à une incidence plus élevée de cancer chez l'être humain, bien que l'inhalation de grandes quantités peut causer le cancer, surtout chez les personnes qui y sont exposées par leur travail. Dans des conditions de laboratoire, le B[a]P est carcinogène chez les animaux. La présence de B[a]P dans les sédiments des lacs et des rivières est associée à une incidence élevée de tumeurs du foie chez les poissons.

Les métaux toxiques

Mercure

Le mercure est un élément naturel non essentiel largement présent à titre de contaminant dans l'air, l'eau et les aliments. Ces derniers constituent d'ailleurs la principale source d'exposition de l'être humain au mercure, en particulier les poissons et les fruits de mer, en raison de la tendance du mercure organique à se concentrer dans les tissus. Dans le passé, le mercure était largement utilisé comme myxobactéricide dans l'industrie des pâtes et papiers ainsi que dans la fabrication du chlore et de la soude caustique, avant d'être rejeté dans l'eau. En raison de nombreux cas documentés de graves empoisonnements au mercure, les gouvernements ont pris des mesures pour remplacer ce produit dans les procédés industriels. La réduction des rejets industriels de mercure a entraîné une diminution des niveaux de mercure dans les poissons et le rétablissement de certaines pêches commerciales dans les Grands Lacs (doré dans le lac Érié). De nombreux avis sont toujours en vigueur concernant le poisson gibier (par exemple, le touladi et le doré) en raison d'une contamination au mercure provenant de sources industrielles et naturelles. Le méthylmercure aurait joué un rôle important dans les maladies neurologiques qui ont affligé certaines communautés autochtones, grandes consommatrices de poisson contaminé. Chez les animaux, le mercure agit aussi comme neurotoxine, en plus d'être toxique pour le développement.

Le plomb alkylé

Les composés de plomb alkylé (par exemple, le plomb tétraéthyle) servent surtout d'additifs dans l'essence. Une seule dose aiguë de plomb tétraéthyle est 20 fois plus toxique qu'une dose équivalente de plomb inorganique. Les niveaux de plomb alkylé dans l'environnement ont diminué depuis 1981, et cette diminution se poursuivra au fur et à mesure que sera éliminé le plomb de l'essence. La présence de plomb alkylé dans l'environnement du sol, particulièrement dans les régions urbaines, a été associée à des effets nocifs sur les enfants. Sa présence dans le bassin des Grands Lacs devrait être évaluée avec soin. Le plomb alkylé ne devrait pas menacer la santé de l'être humain, pour autant que soient respectées les lignes directrices sur la consommation de poisson. Cette conclusion est fondée sur les données relatives aux résidus de plomb alkylé décelés dans les poissons des deux cours d'eau les plus contaminés (le fleuve Saint-Laurent et la rivière St. Clair).

Composition du Comité de direction

M. Denis A. Davis, président
Directeur général
Direction générale des eaux intérieures
Environnement Canada

M. J. Roy Hickman
Directeur général
Direction de l'hygiène du milieu
Santé et Bien-être social Canada

M. Geoff L. Holland
Directeur général
Direction générale des sciences physiques
et chimiques
Ministère des Pêches et des Océans

Composition du Groupe de travail

M. David Peakall, président
Service canadien de la faune
Environnement Canada

M. Rod Allan
Institut national de recherche sur les eaux
Environnement Canada

M. Vic Cairns
Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches
et les sciences aquatiques
Ministère des Pêches et des Océans

M. John Cooley
Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches
et les sciences aquatiques
Ministère des Pêches et des Océans

M. Glen Fox
Service canadien de la faune
Environnement Canada

M. Andy Gilman
Direction de l'hygiène du milieu
Santé et Bien-être social Canada

M. Darrell Piekarz
Bureau de l'environnement des Grands Lacs
Environnement Canada

M. Jay Van Oostdam
Direction de l'hygiène du milieu
Santé et Bien-être social Canada

M. David Villeneuve
Direction de l'hygiène du milieu
Santé et Bien-être social Canada

M. Mike Whittle
Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches
et les sciences aquatiques
Ministère des Pêches et des Océans

Remerciements

Le Comité de direction est redevable à David Fairbairn et à Ron Shimizu qui ont présidé le Groupe de travail au cours des dernières étapes des travaux.

Le Groupe de travail désire aussi remercier Kate Davies qui a passé en revue ce résumé. Un merci tout particulier à Laurie Thibeault, Nancy Nantais, Oliver Tsai et Carl Stieren pour le traitement de texte.

Lectures suggérées

1. *Les produits chimique toxiques dans les Grands Lacs et leurs effets connexes*, volumes I et II, Environnement Canada, ministère des Pêches et des Océans et Santé et Bien-être social Canada, 1991.

2. *Les Grands Lacs — Atlas écologique et manuel des ressources*, United States Environmental Protection Agency et Environnement Canada, 1988.

3. *The Great Lakes, Great Legacy?*, The Conservation Foundation et l'Institut de recherches politiques, 1990.

4. *A Reference Manual of Chemical Contaminants in Ontario Sport Fish*, ministère de l'Environnement de l'Ontario, 1990.

5. *Proceedings of the Workshop on Cause — Effect Linkages*, Commission mixte internationale, Conseil des gestionnaires de la recherche des Grands Lacs, 1989.

6. *The Impact of Great Lakes Toxic Chemicals on Human Health : A Working Paper*. Préparé par Theo Colborn pour le compte de Santé et Bien-être social Canada, 1989.

7. *Mass Balancing of Toxic Chemicals in the Great Lakes : The Role of Atmospheric Deposition*, Commission mixte internationale, 1988.

8. Rapports biennaux du Conseil de la qualité de l'eau des Grands Lacs et du Conseil consultatif scientifique pour les eaux des Grands Lacs à la Commission mixte internationale. Voir particulièrement celui de 1987, annexe B.

9. *The Great Lakes Water Quality Agreement : An Evolving Instrument for Ecosystem Management*, National Research Council of the United States et la Société royale du Canada, 1985.

10. *Révision de l'accord de 1978 relatif à la qualité de l'eau dans les Grands Lacs tel que modifié par le protocole signé le 18 novembre 1987*, Commission mixte internationale, novembre 1987.

Glossaire

Définition des termes et expressions figurant dans ce résumé.

Bioaccumulation

Terme général décrivant un processus au cours duquel des substances chimiques sont ingérées et retenues par des organismes, substances qui proviennent directement de l'environnement ou d'aliments contenant des produits chimiques. Consulter les pages 11 et 12 pour obtenir des détails sur la **bioamplification**.

Carcinogène ou cancérogène

Substance qui provoque le cancer dans un organisme vivant.

Composé organohalogéné

Molécule organique complexe à laquelle sont rattachés des atomes de fluor, de chlore, de brome ou d'iode (ou les quatre). Ces produits chimiques sont des produits de fabrication, mais ils peuvent aussi être produits par la combustion ou se former dans les dépotoirs.

Contaminant

Substance étrangère à un système naturel où présente à des concentrations anormalement élevées.

Effluent

Déchet complexe (par exemple, un rejet industriel ou des eaux usées municipales) rejeté dans l'environnement.

Embryotoxicité

Effets toxiques néfastes d'agents chimiques sur l'embryon.

Épidémiologie

Étude de la prévalence et de la propagation d'une maladie au sein d'une communauté.

Équivalent de la dioxine

Mesure relative de la toxicité exprimée en termes d'induction enzymatique dans une culture de tissu du foie d'un rat. Les produits chimiques de type dioxine (par exemple les BPC, les furanes) sont comparés au congénère le plus toxique de la dioxine (2,3,7,8-TCDD).

Espèce témoin

Espèce susceptible d'offrir une mesure intégrée des changements environnementaux. Dans ce rapport, on a choisi des espèces qui attestent avec précision les niveaux de contaminants dans leur environnement ou qui offrent une «préalerte» d'effets nocifs sur la santé.

Malformations congénitales

Anomalies présentes à la naissance.

Organochloré

Molécule organique complexe à laquelle sont rattachés des atomes de chlore. Ces produits chimiques organochlorés (par exemple, les pesticides organochlorés) sont des produits de fabrication, mais ils peuvent aussi être produits par la combustion ou se former dans les dépotoirs.

Remise en suspension

Réintégration de particules de sédiments et de polluants dans l'eau en raison des tempêtes, des courants, des organismes et des activités humaines telles que le dragage.

Substance toxique

Substance susceptible de causer la mort, la maladie, des malformations congénitales, des anomalies de comportement, des mutations génétiques ou des problèmes physiologiques ou génésiques dans un organisme ou dans sa progéniture, ou qui peut devenir poison après s'être concentrée dans le réseau trophique ou en combinaison avec d'autres substances.

Substance toxique persistante ou rémanente

Substance toxique difficile à détruire ou qui se dégrade lentement, c'est-à-dire avec une demi-vie supérieure à huit semaines dans l'eau.

Succès de reproduction

Proportion des tentatives de reproduction qui donnent lieu à la naissance de jeunes en santé et autonomes.

Tératogène

Agent qui augmente l'incidence de malformations congénitales.

Toxicologie

Étude des effets nocifs d'agents chimiques sur les systèmes biologiques.

Transport à grande distance des polluants atmosphériques

Déplacement de substances chimiques présentes à l'échelle locale vers un lieu éloigné en passant par l'atmosphère, souvent au cours d'une période de plusieurs jours ou semaines.

Canada

Environnement Canada — Environment Canada
Environnement Canada
Direction générale
des communications
Région de l'Ontario
25, avenue St. Clair est, 6e étage
Toronto (Ontario)
M4T 1M2

Pêches et Océans — Fisheries and Oceans
Pêches et Océans Canada
Direction générale
des communications
Institut Bayfield
867, chemin Lakeshore
C.P. 5050
Burlington (Ontario)
L7R 4A6

Santé et Bien-être social Canada — Health and Welfare Canada
Santé et Bien-être social Canada
Centre de distribution des
publications
19e étage
Immeuble Jeanne Mance
Parc Tunney
Ottawa (Ontario)
K1A 0K9